Aus dem Königl. Botanischen Garten zu Breslau.

# Pflanzengeographische Studien über die Formation des Buchenwaldes.

---

# Inaugural-Dissertation,

welche

nebst den beigefügten Thesen

mit Genehmigung

der Hohen philosophischen Fakultät der Universität Breslau

zur Erlangung der philosophischen Doktorwürde

**Freitag, den 11. Jan. 1901, mittags 12 Uhr**

in der

Aula Leopoldina

öffentlich verteidigen wird


## Hubert Winkler

aus Prenzlau.


ACAD. LUGD BAT. BIBL.

Opponenten:

**Dr. phil. C. G. Richter.**
**Cand. phil. W. Leidicke.**

---


**BRESLAU 1901.**

Druck von F. W. Jungfer, Harrasgasse 2.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546309_0156

Meinen lieben Eltern.

# I. Geographische Verbreitung der Buche. Ihre Begleitpflanzen. Gliederung der Buchenwaldformation.

## 1. Geographische Verbreitung der Buche.

Schon öfter ist die geographische Verbreitung der Buche Gegenstand eingehender Untersuchung gewesen; doch ergeben sich nach den neuesten Forschungen einige Abweichungen, so dass eine nochmalige Darstellung nötig erscheint, zumal im folgenden Abschnitt die geographische Verbreitung einiger specifischen Buchenwaldpflanzen damit in Vergleich gestellt werden soll. (Vergl. hierzu die beigegebene Karte.)

Die Nordgrenze des Areals der Buche in Skandinavien geht nach Andersson [1]) von Arendal in nordöstlicher Richtung etwa bis Horten und überspringt dann das Skager Rak; sie beginnt wieder südlich von Grebbestad (58° 40′), zieht in südöstlicher Richtung bis Wexiö, wo sie scharf nach Norden umbiegt, um in der Nähe des Sommensees sich abermals südöstlich zu wenden und bei Figeholm den Kalmar-Sund zu erreichen. Ausdrücklich aber bemerkt Andersson, dass diese Nordgrenze nur selten mit den äussersten Punkten sich deckt, in denen die Buche noch Waldbestände bildet; sie tritt jenseits ihres Waldgürtels vereinzelt und als waldbildender Baum erst wieder in Blekinge, Skåne und Südhalland auf. Bornholm bewohnt sie nicht.

[1]) G. Andersson, Die Geschichte der Vegetation Schwedens. Engler's Bot. Jahrbücher 22. Bd. (1897). p. 476 u. f., dazu eine Karte.

Die Ostgrenze[1]) der Buche beginnt in der Brandenburger Heide bei Ludwigsort in Ostpreussen und zieht in einigen Biegungen über Heilsberg, Allenstein, die Buchwalder Forst und Teistimmen nördl. von Bischofsburg bis in die Nähe der Ecke, wo Westpreussen, Ostpreussen und Polen zusammenstossen[2]). Dann durchzieht sie in fast südlicher Richtung das östliche Polen und lenkt ein wenig nach Osten ab, um durch den nordöstlichsten Winkel Galiziens und den äussersten Westen Wolhyniens und Podoliens nach Bessarabien zu laufen, wo sie nördlich von Kischinew ihren südlichsten Punkt erreicht[3]).

Hier beginnt nun eine Unsicherheit in der Grenzbestimmung, die heute noch nicht völlig beseitigt werden kann. Dass Buchen auf der Krim vorkommen, ist sicher; ob sie aber wirklich zu Fagus silvatica gehören, ist eine noch ungelöste Frage, weil fruchtende Exemplare von dort noch nicht untersucht worden sind. Dagegen wurden die vom Kaukasus und aus den Gebirgen Vorderasiens stammenden Buchen schon früher von E. Koehne[4]) als eine Form bezeichnet, die der japanischen Fagus Sieboldii Endl. viel näher stehe als der europäischen F. silvatica. Lipsky[5]) hat sie als neue Art F. orientalis von dieser getrennt. Danach greift also das Verbreitungsgebiet der Rotbuche nach Asien nicht über.

Mit Ueberspringung der um die Donaumündung gelegenen Steppengebiete tritt die Buche in prächtigen Beständen an den Abhängen der transsylvanischen Alpen wieder auf und zieht mit diesen bis an die Grenze Serbiens, an dieser und

---

[1]) Ascherson-Graebner, Flora des nordostdeutschen Flachlandes. Berlin 1898—99. p. 256.

[2]) F. Höck, Studien über die geographische Verbreitung der Waldpflanzen Brandenburgs. Verhandl. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg. 40. Jahrg. p. 89.

[3]) Fr. Th. Köppen, Geographische Verbreitung der Holzgewächse des europäischen Russlands und des Kaukasus. 2. Theil. St. Petersburg 1889. p. 149. — Ganz in Uebereinstimmung mit meinen Angaben wird die Ostgrenze der Buche neuestens von N. G. Kusnezow („Die Vegetation und die Gewässer des europäischen Russlands". Engler's Jahrbücher, 28. Bd. p. 218, Taf. III) gezogen.

[4]) Verhandl. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg. 36. Jahrg. (1894). p. XV f.

[5]) Acta Horti Petropolitani. Tom. XIV. Fasc. II (1898). p. 300.

dem Nordabhange des Balkans entlang, durch Thracien und Macedonien[1]), mit Berührung des Athos zum Pelion und Pindusgebirge[2]), von wo aus sie südlich bis nach Aetholien[3]) vordringt, um sich von da unter Freilassung eines Küstenstriches mit mediterraner Vegetation durch Albanien, Montenegro, Dalmatien und Istrien[4]) hinzuziehen.

Auf den Vorbergen der Alpen erscheint sie in Oberitalien, wo sie Bertoloni[5]) am Corni di Canzo, aus dem Val Sugana und den Bergen Bassanos angiebt. Nach demselben Autor kommt sie auch in den piemontesischen Gebirgen vor und geht mit dem Apennin durch ganz Italien. Ueber Sicilien, wo sie bei 37° n. Br. den südlichsten Punkt erreicht, und Corsica verläuft dann die südliche Grenze bis zum Mont Ventoux in der Provence, weicht nördlich bis Lyon (46° n. Br.) zurück und zieht sich durch die Cevennen und die Gebirge Mittelfrankreichs[6]) in südwestlicher Richtung nach Spanien, wo die Buche noch grosse Waldungen bildet. Hier durchzieht die Aequatorialgrenze, „in den östlichsten Pyrenäen beginnend, zunächst in südwestlicher Richtung und daher im Allgemeinen der Küste parallel die Gebirge der katalonischen Provinzen von Gerona, Barcelona und Tarragona bis zu der unter 40° 41′ Lat. an dem Zusammenstoss der Provinzen von Tarragona, Castellón und Teruel gelegenen Sierra Miranda, dringt hierauf, das Becken von Teruel umgehend, über die nordvalencianische Terrasse bis zur Sierra de Valdemeca (40° 10′) im Osten von Cuenca vor, wo sie ihren südlichsten Punkt erreicht, und durchschneidet nun, nach N. umbiegend, die Provinz von Guadalajara, um zu der Sierra de Moncayo zu gelangen, von wo aus sie sich wieder südwärts wendet, um durch die Provinzen von Guadalajara und Madrid, entlang dem

---

[1]) E. Boissier, Flora orientalis. Vol. IV. Geneviae et Basiliae 1879. p. 1175.

[2]) Sibthorp-Smith, Florae Graecae Prodromus. Vol. II. Londini 1813. p. 242.

[3]) C. Neumann u. J. Partsch, Physikal. Geographie v. Griechenland. Breslau 1885. p. 383.

[4]) F. Höck, l. c. p. 89.

[5]) A. Bertolonius, Flora Italica. Vol. X. Bononiae 1854. p. 223.

[6]) Höck, l. c. p. 89.

castilianischen Scheidegebirge bis ins Guadarramagebiet hinzuziehen. Nach Ueberschreitung des letzteren läuft sie in nordwestlicher Richtung durch die Provinzen von Segovia und das trockene Plateau von Salamanka überspringend, durch die Gebirge von Leon nach Asturien"[1]).

Auf den britischen Inseln findet sich die Buche spontan nur in England[2]). Doch ist es noch nicht möglich, die genauere Grenze der natürlichen Verbreitung gegenüber dem durch Cultur entstandenen Vorkommen anzugeben, weshalb ich die von Drude aufgestellte, in einem Bogen von der Morecambe-Bay bis etwa nach Edinburgh verlaufende Scheidelinie noch beibehalten möchte.

Vergleichen wir die hier gegebene Umgrenzung des Buchenareals mit den von De Candolle, Grisebach und Drude gezogenen Grenzlinien, so stimmen diese in Ostpreussen und Russland, auf der Balkanhalbinsel und in Italien ziemlich gut überein. Für England muss die Grenze auch heute noch zweifelhaft bleiben. Für Schweden ergeben sich einige Abweichungen durch die neueste Feststellung der Buchengrenze durch Andersson. Nach Drude schliesst die Südgrenze noch ein beträchtliches Stück von Portugal ein, was nach Willkomm thatsächlich nicht zutrifft. Grisebach spricht von Buchen, die noch auf Madeira vorkommen. Das Herbar des Breslauer Gartens, das die Flora dieser Insel fast vollständig enthält, liefert keinen Belag für diese Ansicht, und Sauer[3]) kennt die Buche nicht wildwachsend auf Madeira.

Die Hauptabweichung aber ergiebt sich im SO. De Candolle lässt hier die Grenze über die Krim bis ans Kaspische Meer gehen, das sie unter dem 40° bis 41° n. Br. erreicht, so dass sie nach Gmelin's falschen Angaben die Flussgebiete der Kuma und unteren Wolga noch einschliesst. Doch hatte er die am Kaukasus und in Kleinasien vorkommende Buche schon als Fagus silvatica γ Asiatica bezeichnet. Grisebach und Drude ziehen die Grenze südwärts des Kaukasus durch Kleinasien.

[1]) M. Willkomm, Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel. Leipzig 1896. p. 93 ff.

[2]) Bentham and Hooker, Handbook of the British flora. London 1896. p. 407.

[3]) Fr. Sauer, Catalogus plantarum in Canariensibus Insulis sponte et subsponte crescentium. Halis Saxonum 1880.

Schon Koehne machte aber darauf aufmerksam, dass die kaukasischen Buchen jedenfalls von der europäischen verschieden sind und der japanischen Fagus Sieboldii sehr nahe stünden. Ich selbst habe mehrere Exemplare aus Persien, Phrygien und Transkaukasien verglichen und gefunden, dass die Blätter etwas länglicher und spitzer als bei F. silvatica sind. Vor Allem aber erscheinen die Anhängsel der Cupula an den orientalischen Formen so ausgebildet, wie sie Koehne beschrieben hat: die unteren sind bedeutend länger als die oberen und zu linealischen bis verkehrt eilänglichen Spreiten verbreitert, während bei F. silvatica alle Anhängsel ziemlich gleich lang und pfriemlich ausgebildet erscheinen. Anatomische Unterschiede zwischen den mitteleuropäischen und orientalischen Formen habe ich nicht auffinden können. Die etwas stärkere, mehr lederartige Ausbildung der Blätter bei der asiatischen Buche kann als Anpassungserscheinung nicht in Betracht kommen. Die Wellung der Seitenwände an den Epidermiszellen schwankt bei beiden Arten zwischen fast ganz geraden und sehr stark gebogenen; die Haare sind bei beiden gleich gebaut. Trotzdem dürfte, wie auch Lipsky annimmt, wohl zweifellos eine neue Art vorliegen, die aber aus Prioritätsgründen gegenüber dem von Lipsky ihr gegebenen Namen (F. orientalis) als F. asiatica (D. C.) Winkler zu bezeichnen ist.

Das Areal von F. asiatica, besonders ihr vielleicht zu vermutendes Vorkommen in Europa lässt sich zur Zeit noch nicht genauer angeben. Nach einem von Professor Pax mitgebrachten Exemplar wächst am Bithynischen Olymp in Kleinasien wahrscheinlich die asiatische Buche, umsomehr als in Phrygien F. asiatica nachgewiesen ist. Nach meinen Beobachtungen an verschiedenen Standorten Siebenbürgens und Rumäniens ist die Buche der Südkarpathen F. silvatica. Eine Entscheidung darüber, zu welcher Art die im südöstlichen Europa vorkommende Buche gehört, und ob sich etwa Uebergangsformen von F. silvatica zu F. asiatica finden, wäre höchst wünschenswert[1]).

[1]) Was die Bedingungen des Vorkommens der Buche und ihre Abhängigkeit vom Klima betrifft, so wird hier auf diese Fragen nicht näher eingegangen; ich verweise aber auf Willkomm (Forstl. Flora. Leipzig und Heidelberg 1875. p. 378), der die älteren Studien von De Candolle, Sendtner und Kerner kritisch bespricht.

## 2. Begleitpflanzen der Buche.

Für die Feststellung des Verbreitungsgebietes der unten genannten Pflanzen wurden folgende Werke benutzt:

### Allgemeine Abhandlungen:

A. De Candolle, Géographie botanique raisonnée. Paris 1855.
O. Drude, Handbuch der Pflanzengeographie. Stuttgart 1890.
Derselbe, Deutschlands Pflanzengeographie, I. Teil. Stuttgart 1896.
A. Grisebach, Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung. 2. Aufl. Leipzig 1884.
C. Fr Nyman, Conspectus florae europaeae. Orebro Sueciae 1878—82.
K. Richter, Plantae europaeae, Tom. I. Leipzig 1890.

### Für das nördliche und östliche Europa:

G. Bentham and J. D. Hooker, Handbook of the British flora. London 1896.
E. Fries, Summa vegetabilium Scandinaviae. Holmiae et Lipsiae 1846.
Fr. Th. Köppen, Geographische Verbreitung der Holzgewächse des europäischen Russlands und des Kaukasus. Petersburg 1888/89.
J. Klinge, Flora von Esth-, Liv- und Curland. Reval 1882.
S. Korshinsky, Tentamen florae rossicae orientalis. Petersburg 1898.
J. Rostafiński, Florae polonicae prodromus. Verh. K. K. zool.-bot. Gesellsch. Wien 1872. p. 81.
F. C. Schübeler, Die Pflanzenwelt Norwegens. Christiania 1873—75.
F. J. Wiedemann und E. Weber, Beschreibung der phanerogamischen Gewächse Esth-, Liv- und Curlands. Reval 1852.

### Für Süd- und Mitteleuropa:

A. Acloque, Flore de France. Paris 1894.
P. Aschers on und P. Graebner, Flora des nordostdeutschen Flachlandes. Berlin 1898/99.
F. Buchenau, Flora der nordwestdeutschen Tiefebene. Leipzig 1894.
H. Christ, Das Pflanzenleben der Schweiz. Zürich 1879.
Fr. Crepin, Manuel de la flore de Belgique. Bruxelles 1860.
E. Fiek, Flora von Schlesien. Breslau 1881.
Grenier et Godron, Flore de France. Paris 1848—56.
A. Kerner, Das Pflanzenleben der Donauländer. Innsbruck 1863.
F. Pax, Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Karpathen. I. Bd. Leipzig 1898.
J. Velenovsky, Flora bulgarica. Prag 1891.

### Für das Mittelmeergebiet:

G. Arcangeli, Compendio della Flora Italiana. Torino, Roma 1894.
A. Bertoloni, Flora italica etc. Bononiae 1833—54.
W. Barbey, Florae Sardoae compendium. Lausanne (1884) 1885.
E. Boissier, Flora orientalis. Genf und Basel 1867—88.
C Neumann und J. Partsch, Physikalische Geographie von Griechenland. Breslau 1885.
F. Parlatore, Flora Italiana. Firenze 1848—93.
G. Radde, Grundzüge der Pflanzenverbreitung in den Kaukasusländern. Leipzig 1899.
M. Willkomm et J. Lange, Prodromus florae hispanicae. Stuttgart 1870—80.
M. Willkomm, Grundzüge der Pflanzenverbreitung auf der iberischen Halbinsel. Leipzig 1896.

Für aussereuropäische Florengebiete:
Battandier et Trabut, Flore de l'Algérie. Dicotyledones. Paris 1888.
Th. Durand et H. Schinz, Conspectus florae africae. Vol. V. Brüssel. Berlin, Paris 1895.
A. Engler, Ueber die Hochgebirgsflora des tropischen Afrika. Berlin 1892.
A. Franchet et Savatier, Enumeratio plantarum in Japonia sponte crescentium. Paris 1875 u. 1879.
A. Gray, Synoptical flora of North America. New-York 1895.
C. Fr. a Ledebour, Flora rossica. Stuttgart 1842—53.
C. J. Maximowicz, Primitiae florae amurensis. Petersburg 1859.
E. Regel, Tentamen florae ussurensis. Petersburg 1861.
F. Sauer, Catalogus plantarum in Canariensibus Insulis sponte et subsponte crescentium. Dissertation. Halis Saxonum 1880.

### a) Phanerogame Begleitpflanzen, deren Areal mit dem der Buche übereinstimmt.

Als Begleiter der Buche treten uns zwei Gruppen von Pflanzen entgegen, die im Verbreitungsgebiet des genannten Waldbaumes fast ausschliesslich oder doch hauptsächlich mit ihm vergesellschaftet auftreten. Sie unterscheiden sich aber dadurch, dass die eine Gruppe in den Grenzen ihrer geographischen Verbreitung mit denen der Buche recht gut übereinstimmt, während das Areal der zur zweiten Gruppe gehörenden Pflanzen gegenüber dem der Buche eine erhebliche Verschiebung aufweist.

Zur ersten Gruppe gehören folgende Arten: Melica uniflora Retz, Festuca silvatica Vill., Elymus europaeus L., Carex pendula Huds., Arum maculatum L., Luzula silvatica (Huds.) Gaud., Allium ursinum L., Cephalanthera alba (Crantz) Simk., Anemone Hepatica L., Ranunculus lanuginosus L., Corydalis cava (L.) Schw. et K., Dentaria bulbifera L., Hypericum montanum L., Circaea intermedia Ehrh., Hedera Helix L., Lysimachia nemorum L., Vinca minor L., Veronica montana L., Melittis melissophyllum L., Galium Schultesii Vest., Sambucus nigra L. und Phyteuma spicatum L.

Hierzu ist Folgendes zu bemerken:

Melica uniflora. Wenn sich einige Gräser finden, die in ihrer Verbreitung annähernd mit der der Buche übereinstimmen, so giebt uns bei dem ausgedehnten Areal der meisten Gramineen dieser Umstand ein um so grösseres Recht, sie als typische Buchenpflanzen zu betrachten. M. uniflora geht zwar im W. nach Irland hinüber, fehlt aber wie die Buche im ganzen subarktischen Gebiet und in den russischen Ostseeprovinzen. Die Ost- und Südgrenze in Europa stimmt ziemlich gut mit

der der Buche überein; allerdings wird die Pflanze auch aus Nordafrika angegeben. Im SO. folgt sie der asiatischen Buche nach Vorderasien. — Nach Ascherson ist sie charakteristisch für den baltischen Buchenwald.

Festuca silvatica besitzt annähernd dieselbe West- und Nordgrenze wie die vorige Art, kommt aber auf Oesel vor und schiebt ihre nördliche Ostgrenze etwas über die der Buche hinaus, scheint jedoch an der Südgrenze hinter ihr zurückzubleiben. Auch in Vorderasien tritt sie auf.

Elymus europaeus ist nicht bis zu den britischen Inseln vorgedrungen und geht im N. nur bis Dänemark und Gotland. In den russischen Ostseeprovinzen kommt die Pflanze nicht vor; dagegen in Polen, so dass ihre Ostgrenze mit der der Buche gut vergleichbar erscheint. Auch den Kaukasus und Vorderasien bewohnt sie, geht aber in S. wie Melica uniflora bis nach Nordafrika. Die falsche Angabe Höck's über das Fehlen von E. europaeus in Spanien scheint auf dem Uebersehen dieses Standortes durch Nyman zu beruhen; Willkomm giebt sie aus Nordspanien und Aranjuez an. — Kerner nennt das Gras als charakteristisch für den hochstämmigen Buchenwald des herzynischen Systems, aber auch als Eichenbegleiter im ungarischen Tieflande. Nach Christ erscheint es in den Rottannenwäldern des Jura.

Carex pendula geht nach Irland hinüber, findet aber wie die Buche in Südschottland ihre nördlichste Verbreitung. Im ganzen baltischen Gebiet ist sie sehr selten und erreicht wohl auch die Ostgrenze der Buche nur zerstreut. Auf der Krim und in Vorderasien findet sie sich. Im S. reicht sie zwar bis Nordafrika, doch fällt im Ganzen ihre Südgrenze mit der der Buche ziemlich gut zusammen; denn die Angaben von Durand und Schinz über das Vorkommen der Pflanze auf den Azoren und in Natal und Kapland erscheinen sehr zweifelhaft. Nach Sauer's Catalogus fehlt C. pendula auf den Azoren und Madeira, Engler giebt sie in seiner „Hochgebirgsflora des tropischen Afrika" nicht an, obgleich sie sich doch sicher in Abessinien finden müsste, wenn ihr Areal bis Südafrika reichen würde, wie es z. B. für Sanicula europaea der Fall ist; und Böckeler, der Monograph der Gattung Carex, kennt sie nur aus Algier.

Arum maculatum ist für Schottland zweifelhaft, geht aber bis nach Irland hinüber, wohin jedoch die Pflanze, wie Höck richtig bemerkt, durch Cultur gelangt ist. In Skandinavien und den russischen Ostseeprovinzen fehlt sie und findet sich sonst nur im westlichen Russland. Im SO. überschreitet sie Europa nicht; die Südgrenze bleibt in Italien etwas hinter der Buchengrenze zurück, während sie dieselbe auf der iberischen Halbinsel erheblich überschreitet; auch in Südspanien und Portugal kommt Arum maculatum vor. — Willkomm führt die Pflanze aus der Heckenformation Nordspaniens auf; doch dürfte dieses Vorkommen sicher auf Verwilderung beruhen. Pax giebt sie unter den Charakterpflanzen des Buchenhochwaldes der Karpathen an.

Luzula silvatica zeigt in der Nord- und Ostgrenze grosse Uebereinstimmung mit Carex pendula, indem sie wie diese nach Irland hinübergeht, im ganzen baltischen Gebiet aber sehr zerstreut auftritt und die russischen Ostseeprovinzen und Polen nicht erreicht. Im SO. geht sie nach Vorderasien hinüber. Auf den italienischen Inseln fehlt sie, findet sich aber in Portugal. — Aschers on-Graebner geben L. silvatica aus einem Buchenwalde Westpreussens an. Nach Kerner tritt sie auch im Fichtenwalde des „Waldviertels" auf; dasselbe giebt auch Pax für die Karpathen an.

Allium ursinum findet sich in Gross-Britanien und Irland, in Dänemark, im südlichen Schweden und Norwegen und auf Gotland. Im O. geht die Pflanze nach Russland über. Ihre Verbreitung bis Vorderasien ist wohl sichergestellt. Doch ist Ledebour's Angabe über die weite Verbreitung von A. ursinum in Sibirien, die auch Regel in seiner Monographie wiederholt, wohl sehr zweifelhaft; beide Forscher scheinen keine Exemplare aus Sibirien gesehen zu haben. Im S. stimmt der Bärenlauch in seinem Vorkommen auf Sicilien und Corsica mit der Buche überein. — Radde hat Allium im schattigen Eichenwalde des Kolchischen Gebietes gefunden, wogegen Pax die Pflanze als Charaktergewächs des karpathischen Buchenwaldes angiebt. Ich selbst habe sie in üppigster Entfaltung in einem Buchenurwalde am Roszudecz in den Westkarpathen gesammelt; ebenso im Waldenburger Gebirge Schlesiens im Buchenwald.

Cephalanthera alba bleibt im NW. und N. hinter der Buchengrenze etwas zurück, indem sie auf den britischen Inseln, in Belgien und Skandinavien, ausser auf Gotland, fehlt; ebenso in den russischen Ostseeprovinzen, während sie in Polen zerstreut vorkommt. In der Krim und in Vorderasien findet sie sich, geht aber im S. über die Buchengrenze hinaus bis Algier. — Ich selbst kenne diese Orchidee nebst Neottia aus dem Trebnitzer Buchenwalde Schlesiens; in Gesellschaft mit derselben Pflanze führt sie Radde aus dem kaukasischen Buchenwalde an. Dagegen findet sie sich nach Willkomm auffallender Weise in den von Pinus Laricio Poir. gebildeten Wäldern der Sierra de Cuenca.

Anemone Hepatica überschreitet die Nordgrenze der Buche bis ins subarktische Gebiet und auch die Ostgrenze um einige Grade. Nach Vorderasien folgt sie der Buche nicht, hält aber im S. wie diese die Grenze zwischen Corsica und Sardinien inne. In Japan und Nord-Amerika tritt sie, wenn auch in etwas veränderter Form, unter Buchen auf. Nach Höck kommt die Pflanze auch unter Kiefern und häufiger unter Erlen vor. Kerner nennt sie aus dem Mischwalde Nordtyrols, sowie aus den Föhren- und Fichtenwäldern des Waldviertels. Pax führt sie aus dem karpathischen, Willkomm aus dem centralspanischen Buchenwalde an. Ich selbst fand die Pflanze in Mecklenburg in reinem Buchenbestande; andrerseits im Mischwalde des Krebsgrundes bei Jauernig in Oestr.-Schlesien, wo jedoch Buchen stellenweise vorwiegen.

Bei Horst, Kr. Prenzlau in der Uckermark, findet sie sich in einem feuchten, von den verschiedensten Bäumen — ausser der Buche — bestandenen Graben ungewöhnlich schön entwickelt und reichlich; doch ist dieses Vorkommen sicher als Relikt des Buchenwaldes anzusehen.

Ranunculus lanuginosus zeigt in der Verbreitung einige Uebereinstimmung mit Anemone Hepatica, hinter welcher er im N. und in den russischen Ostseeprovinzen etwas zurückbleibt. Ledebour's Angabe über das Vorkommen in Sibirien dürfte sich als falsch erweisen, zumal da die Pflanze weder in Ostrussland noch in Vorderasien auftritt. Korshinsky bemerkt, dass R. propinquus aus Sibirien meist mit R. lanuginosus verwechselt werde. Aus Spanien giebt Willkomm die Pflanze nicht an. — Nach Höck kommt R. lanuginosus nur ausnahmsweise unter andern Bäumen vor, wie z. B. unter Erlen, manchmal in gemischten Beständen. Christ nennt die Pflanze aus den Tannenwäldern der Alpen und des Jura. Ich selbst habe sie im Waldenburger Gebirge und in den Karpathen unter Buchen gefunden.

Corydalis cava stimmt nur annähernd an allen Grenzen mit der Buche überein. Fast im ganzen atlantischen Europa fehlt die Pflanze und zieht sich durch Norddeutschland bis Curland, Livland und vielleicht bis Petersburg; auch aus Gotland wird sie genannt. Im O. und im pontischen Gebiet scheint die Uebereinstimmung mit der Buche eine engere zu sein, während sich die Art im Mittelmeergebiet nicht findet. — Pax giebt sie aus dem Buchenhochwalde der Karpathen an. Nach Höck der Buche in Brandenburg in der Verbreitung wenig ähnlich.

Dentaria bulbifera zeigt eine grosse Uebereinstimmung mit der Buche. Gleich ihr geht sie nicht nach Irland hinüber und überschreitet die Buchengrenze im N. und O. nur wenig. Dann folgt sie der Buche nach Vorderasien und fällt auch an der Südgrenze wesentlich mit ihr zusammen. — Bertoloni giebt sie für Italien verschiedentlich von denselben Standorten an wie die Buche. Nach Pax tritt sie in den Karpathen als Buchenbegleiter auf. Ich selbst habe sie in Schlesien unter Buchen gefunden; dagegen führt sie Fiek auch aus oberschlesischen Fichtenwäldern an.

Hypericum montanum wird von Bentham und Hooker aus Schottland und Irland nur von je einer Stelle genannt. Im N. reicht die Pflanze bis zum südlichen Norwegen und Schweden und bis Gotland Durch Preussen, Littauen und Polen führt sie ihre Grenze ins pontische Gebiet, wo sie allerdings nicht bis an die Buchengrenze vorkommt, um von hier nach Vorderasien überzugehen. Die Südgrenze in Europa stimmt mit der der Buche gut überein; doch geben Battandier und Trabut H. montanum auch aus Algier an. — Bei Lübeck und in Braunschweig meist unter Buchen (Höck); ebenso in den Karpathen (Pax). Radde fand die Pflanze im Kaukasus unter Eichen.

Circaea intermedia geht nach Irland nicht hinüber; reicht aber im N. bis nach Gotland und dem südlichen Finnland. Im O. bewohnt

sie die russischen Ostseeprovinzen und Polen, erreicht aber, wie Hypericum montanum in Griechenland die Buchengrenze nicht. Auf der Apennin- und Pyrenäenhalbinsel kommt sie nur in den nördlichen Teilen vor. — Nach Ascherson-Graebner ist die Pflanze besonders charakteristisch für die baltischen Buchenwälder. Nach Höck kommt sie auch in reinen Fichtenwäldern vor. Ich selbst habe sie in Brandenburg und Mecklenburg sowie in den Karpathen in reinem Buchenwalde gefunden.

Hedera Helix kommt in seiner typischen Form auf Irland nicht mehr vor. Der irische Epheu ist wie der nordwestafrikanische zu H. canariensis Willd. zu rechnen. H. Helix geht in Skandinavien etwa bis zum 60°. Die Grenze in Russland verläuft nach Köppen etwas jenseits der Buchengrenze, nämlich von Oesel über Kurland und die westlichen Teile der Gouvernements Kowno, Wilna, Grodno; etwa von Lublin aus durch Wolhynien und Podolien decken sich die beiden Grenzen fast genau. Der Epheu erreicht wie die Buche bei Kischinew in Russland seinen südlichsten Punkt, um gleich ihr in der Krim und im Kaukasus[1]) wieder aufzutreten. Die Grenzlinie zwischen Corsica und Sardinien hält er nicht inne. — Häufig unter Buchen, doch besonders auch unter Eichen; dann auch Erlen und Weissbuchen. Nach F. Schmidt kriecht der Epheu auf Oesel in trocknen Fichtenwäldern im Moose hin. Kerner fand ihn in den Mischwäldern Nordtyrols an Tannen. Ich sammelte ihn im Mischwalde des Krebsgrundes bei Jauernig, wo Buchen stellenweise vorherrschen.

Lysimachia nemorum geht westlich bis Irland, findet sich im südlichen Norwegen und Schweden und auf Gotland. Im O. erreicht die Pflanze die Buchengrenze nicht, da sie nicht einmal bis Ostpreussen vordringt und in Polen sehr zweifelhaft ist. Im S. kommt sie noch auf Sicilien vor und geht im W. bis Portugal. — Unter Buchen; auch Fichten und Eichen (Höck). Bertoloni giebt sie für Italien an „ex silvis umbrosis Pinus Piceae"; Fiek aus oberschlesischen Fichtenwäldern, Kerner aus denen des Waldviertels.

Vinca minor fehlt in England und Belgien, nach Höck auch in Dänemark und Skandinavien wohl ursprünglich, kommt zwar in Gotland vor, tritt aber im ganzen baltischen Gebiet sehr selten auf. Die Angabe Höck's, dass die Pflanze die Buchengrenze nach Mittelrussland hin überschreite, ist kaum richtig, da sie schon in Polen sehr zerstreut vorkommt. Im S.-O. findet sie sich in der Krim und im Kaukasus. Die Südgrenze stimmt in Spanien annähernd und in Italien so vollständig mit der Buche überein, dass sich beide Pflanzen auf Sicilien und Corsica finden, auf Sardinien nicht. — Nach Höck auch unter Kiefern, doch oft für Buchenwälder charakteristisch.

---

[1]) Hier als H. colchica C. Koch, die von Koch, Ledebour und Regel als Varietät von H. Helix angesehen wird (Köppen l. c. p. 448). Nach Höck zeigt der japanische Epheu Annäherung an diese kaukasische Form, wie ja auch die japanische Buche an die kaukasische. (Höck, Laubwaldflora, p. 41).

Veronica montana findet sich wie Melica uniflora, Carex pendula, Hypericum montanum, Hedera Helix in Irland und Nordwestafrika. Auf dem skandinavischen Continent fehlt die Art, kommt aber auf Gotland vor. In Preussen überschreitet sie nach Ascherson-Graebner die Buchengrenze nicht, und sie tritt auch nur im südwestlichen und südlichen Polen auf. Nach Asien geht sie nicht hinüber. Im S. erstreckt sie sich über das ganze Festland von Italien, Corsica und Sicilien und über den Norden von Spanien. — Ascherson-Graebner geben die Pflanze in schattigen Laubwäldern, besonders unter Buchen an. Nach Höck ist sie in Brandenburg ähnlich wie die Buche verbreitet. Pax nennt sie aus dem karpathischen Buchenwalde. Ich fand sie auch im Waldenburger Gebirge unter Buchen, ebenso am Roszudecz in den Westkarpathen.

Melittis melissophyllum erreicht zwar schon in Norddeutschland seine Nordgrenze, stimmt aber sonst sehr gut mit der Buche überein. In Irland findet sich die Pflanze nicht, ebensowenig wie in den russischen Ostseeprovinzen, dagegen in Polen. Ihre Südostgrenze scheint sie in Europa zu finden. In Italien tritt sie gleich der Buche in Sicilien und Corsica, nicht aber in Sardinien auf; doch findet sie sich auch im nördlichen Portugal. — Höck führt einen Standort unter Carpinus Betulus an. Pax nennt die Pflanze aus dem montanen Buchenbuschwald der Karpathen. Im Rathener Busch bei Lissa in Schlesien steht sie im Mischwalde.

Sambucus nigra setzt durch seine häufige Cultur und dem daraus sich ergebenden Vorkommen als verwilderte Pflanze der Bestimmung der natürlichen Grenzen Schwierigkeiten entgegen. So berichtet Schübeler, dass der Hollunder in ganz Skandinavien verwildert gedeihe und beinahe unter dem 68° noch blühe. Ebenso ist er in den russischen Ostseeprovinzen nicht ursprünglich, wohl aber in Dänemark, Gotland und dem südlichen Schweden; ebenso nach Bentham und Hooker in England und Irland. S. nigra würde also zu der schon oben genannten Gruppe von Pflanzen gehören, die das Buchengebiet in Irland und Nordafrika überschreiten, wenn das letztere Vorkommen als spontan gesichert wäre. Vom Kaukasus und der Krim zieht die Südgrenze über Griechenland und Sicilien nach Südspanien. — Willkomm nennt die Art aus Spanien mehrmals unter Eichen, doch nicht unter Buchen.

Phyteuma spicatum zieht seine Verbreitungsgrenze von England durch das südliche Norwegen bis zu den russischen Ostseeprovinzen und Polen. In der Krim, dem Kaukasus und Vorderasien fehlt die Pflanze. Im S. kommt sie nur in den nördlichen Theilen von Italien und Spanien vor und fehlt dem mediterranen Frankreich. — Nach Höck findet sich Ph. spicatum meist unter Buchen, doch auch in reinem Fichtenwalde. Kerner giebt sie aus dem hochstämmigen Buchenwalde des herzynischen Gebirgssystems an. Ich selbst fand sie in Schlesien verschiedentlich in Mischwäldern, in denen die Buche jedoch stark vorherrschte. Auch findet man sie im Vorgebirge äusserst häufig auf Wiesen, allerdings an Stellen, von denen sich annehmen lässt, dass sie früher mit Buchenwald bestanden waren.

Die eben genannten Pflanzen zeigen in ihrer geographischen Verbreitung eine ziemlich grosse Uebereinstimmung mit der Buche, und man darf sie deshalb als die typischen Buchenbegleiter bezeichnen. Neue und bedeutungsvolle Beziehungen ergeben sich, wenn man die Grenzen ihres Areals unter einander vergleicht. Findet sich, dass die Grenzen einiger typischen Buchenpflanzen streckenweise von der Buchengrenze abweichen, aber unter einander übereinstimmen, so lässt sich daraus berechtigterweise ein Schluss auf die einst weitere oder engere Verbreitung der Buche selbst ziehen. Je mehr Buchenbegleiter mit einander übereinstimmen, um so wahrscheinlicher ist dieser Schluss. Auch einige der im folgenden Abschnitt genannten Pflanzen, deren Verbreitungsgrenzen sich nicht so eng an die Buche anlehnen, kommen hier in Betracht, wenn sie auch nicht ganz dieselbe hohe Bedeutung haben.

Eine für eine ziemlich grosse Anzahl von Buchenpflanzen markante Grenzlinie geht etwa dem Nordabhange des Kaukasus parallel, biegt am Kaspischen Meer nach S. um und verläuft durch das nördliche Kleinasien. Sie gilt für Melica uniflora, Festuca silvatica, Elymus europaeus, Carex pendula, Luzula silvatica, Allium ursinum, Cephalanthera alba, Dentaria bulbifera, Hedera, Vinca minor und Sambucus nigra. (Linie f der Karte.)

Die Ostgrenzen dieser Pflanzen laufen dann in ebenfalls ziemlich genauer Uebereinstimmung etwa von Kischinew in nordwestlicher Richtung durch das westliche Russland, Polen und die östlichen Theile von Preussen. Hier wird diese Schaar von Vegetationslinien noch verstärkt durch die Grenzscheiden, welche das Areal einer anderen Gruppe von Buchenpflanzen mit beschränkterer, nicht auf asiatischen Boden hinübergehender Verbreitung umziehen. Dies sind Anemone Hepatica, Ranunculus lanuginosus, Hypericum montanum, Circaea intermedia, Lysimachia nemorum, Veronica montana, Melittis melissophyllum und Phyteuma spicatum. Gegenüber dieser fast einheitlichen Ostgrenze tritt eine solche im N. nicht so scharf hervor. (Linie c, d, e der Karte.)

Irland schliessen ein Melica uniflora, Carex pendula, Arum maculatum, Luzula silvatica, Allium ursinum, vielleicht Hypericum montanum; ferner Hedera Helix, Lysimachia nemorum, Veronica montana, Sambucus nigra.

Eine ganze Reihe von Buchenpflanzen zeigt, wie es für einige Höck schon hervorgehoben hat, eine merkwürdige Uebereinstimmung zweier Grenzlinien, nämlich die über Irland und Nordwestafrika. Hier sind zu nennen: Melica uniflora, Carex pendula, Mercurialis perennis, Ilex Aquifolium, Hypericum montanum, Circaea lutetiana, Hedera Helix, Sanicula europaea, Veronica montana, Asperula odorata, Sambucus nigra. (Linie a der Karte.)

Eine wichtige Verbreitungsgrenze verläuft in völliger Uebereinstimmung mit der Buche zwischen Corsica und Sardinien und berührt, gleichfalls wie die Buche, die Insel Sicilien. Sie gilt für Anemone Hepatica, Ranunculus lanuginosus[1]), Mercurialis perennis, Vinca minor, Veronica montana, Melittis melissophyllum. Ohne auf Sicilien überzugehen, teilen diese Verbreitung noch Primula acaulis, Symphytum tuberosum und Asperula odorata. (Linie b der Karte.)

Die zuletzt genannte Grenzlinie lässt mit hoher Wahrscheinlichkeit den Schluss zu, dass die Buche auf Sardinien niemals spontan vorgekommen sei; denn auch heute noch bleibt eine Anzahl typischer Buchenbegleiter von dieser Insel ausgeschlossen. Anders dagegen verhält es sich mit der Grenze, welche das Areal typischer Buchenbegleiter in Irland und Nordwestafrika umschliesst. Da diesen Pflanzen besonders ausgezeichnete Verbreitungsmittel im Vergleich mit den übrigen Buchenbegleitern kaum zukommen, welche das Ueberschreiten von Meeresarmen wesentlich erleichtern könnten, so dürfte der Schluss nicht unberechtigt erscheinen, dass an diesen Stellen die Buche einst eine weitere Verbreitung besessen habe. Inwieweit diese Folgerung zutrifft für die Gruppe von Pflanzen, welche ostwärts den Kaukasus erreichen, dürfte schon deshalb eine müssige Frage sein, weil ihr Areal sich deckt mit der in Vorderasien verbreiteten, unsere Rotbuche dort vertretenden Fagus asiatica.

Dass aber die Buche in früheren geologischen Epochen eine weitere Verbreitung besessen hat als gegenwärtig, steht nach den paläontologischen Funden aus der Tertiärzeit ausser

[1]) Dieser ist nach Barbey, Florae Sardoae Compendium, p. 19, nur einmal auf Sardinien gefunden; neuerdings nicht wieder.

allem Zweifel[1]). Dass sie ehedem weiter nach O. verbreitet war, geht aus der Angabe von Ascherson[2]) hervor, derzufolge Buchenfrüchte noch in russischen Mooren gefunden worden sind, an Stellen, wo der Baum heute nicht mehr gedeiht.

Die Zusammengehörigkeit der jetzt in Europa, Asien und Amerika lebenden Fagus-Arten mit der tertiären Fagus Feroniae Ung. sucht Ettingshausen in seiner Abhandlung »Die Formelemente der europäischen Tertiärbuche (Denkschr. d. Kais. Akad. d. Wiss. Math.-Nat. Cl. 61. Bd.) aus Blattabdrücken darzuthun. Derartige Schlüsse erscheinen mir mit Rücksicht auf die Unsicherheit der von den Paläontologen als Elemente von Fagus angesprochenen Reste mindestens verfrüht.

### b) Die übrigen phanerogamen Buchenbegleiter.

Von der zweiten Gruppe von Pflanzen, deren geographische Verbreitung mit der der Buche zwar nicht übereinstimmt, die aber innerhalb des Verbreitungsgebietes dieses Baumes oft als seine charakteristischen Begleiter auftreten, bleiben natürlich alle jene Arten ausgeschlossen, die nur hier und da einmal, also zufällig, unter Buchen sich finden. Die Gruppe wird von folgenden Pflanzen gebildet: Milium effusum L., Poa Chaixi Vill., Festuca heterophylla Lam., Lilium Martagon L., Scilla bifolia L., Polygonatum verticillatum (L.) All., Cypripedium Calceolus L., Neottia nidus avis (L.) R. Br., Asarum europaeum L., Stellaria nemorum L., Actaea spicata L., Helleborus purpurascens W. K., Anemone transsylvanica (Fuss) Heuff., Ranunculus cassubicus L., Cardamine Impatiens L., C. silvatica Lk., C. trifolia L., Dentaria glandulosa W. K., D. enneaphyllos L., Ribes alpinum L., R. Grossularia L., Spiraea chamaedryfolia L., Lathyrus vernus (L.) Bernh., Vicia silvatica L., Geranium phaeum L., Oxalis Acetosella L., Mercurialis perennis L., Euphorbia amygdaloides L., Ilex Aquifolium L., Acer pseudoplatanus L., Evonymus verrucosus Scop., Tilia platyphyllos Scop., Viola silvatica Fries, Daphne Mezereum L., Circaea alpina L., C. lutetiana L., Hacquetia Epipactis D. C., Sanicula europaea L., Astrantia major L., Primula elatior (L.) Jacq., Symphytum tuberosum L., S. cordatum W. K.,

Lamium Galeobdolon Crntz., L. cupreum Schott, Lathraea squamaria L., Asperula odorata L., Lonicera Xylosteum L., L. nigra L. und Lactuca muralis Less.

Milium effusum geht im N. und O. bedeutend über die Buchengrenze hinaus; kommt auch in Japan vor. — Nach Pax Charakterpflanze der karpathischen Buchenwälder, nach Radde auch im Kaukasus unter Buchen. Kerner giebt sie aus dem Fichtenwalde des „Waldviertels“ an.

Poa Chaixi fehlt dem ganzen westlichen und nördlichen Europa, geht nach Korshinsky bis nach Ostrussland, wo die Pflanze jedoch nur selten und verschleppt vorkommt.

Festuca heterophylla geht im W. und N. etwas weiter als die vorige, erreicht aber hier wie im SO. die Buchengrenze nicht. Im O. scheint sie der Buche in der Verbreitung ähnlicher zu sein; auch auf Sicilien und Corsica.

Lilium Martagon fehlt auf den britischen Inseln, in Belgien und Skandinavien ursprünglich. Östlich geht sie durch ganz Sibirien bis Kamtschatka. — Im Waldenburger Gebirge unter Buchen. Die Pflanze findet sich übrigens in der Bergregion wie Phyteuma spicatum nicht selten als Relict in Grasgärten und auf trockneren Wiesen.

Scilla bifolia erreicht im südöstlichen Schlesien ihre Nordgrenze und erstreckt sich im SO. bis nach Kleinasien. — In den Karpathen ist sie nach Pax Charakterpflanze der Buchenwälder; ebenso nach Christ im Jura.

Polygonatum verticillatum bleibt hinter der Westgrenze der Buche in Frankreich zurück; ebenso hinter der Nordgrenze. Nach Korshinsky fehlt die Pflanze im östlichen Russland, kommt aber in Vorderasien vor und nach Ledebour im uralischen Sibirien. Verhält sich in der Bergregion wie Phyteuma spicatum und Lilium Martagon.

Cypripedium Calceolus stimmt kaum an einer Grenze mit der Buche genauer überein; scheint in Frankreich und Spanien deren Westgrenze nicht zu erreichen, findet sich im nördlichen Schweden und Norwegen, Finnland und Lappland und in ganz Sibirien. — Bertolon nennt den Frauenschuh aus Italien von einem Buchenstandorte; nach Willkomm in centralspanischen Eichenwäldern, nach Pax im montanen Buchenbuschwald der Karpathen.

Neottia nidus avis überschreitet im N. die Buchengrenze, doch nicht bis ins arktische Gebiet; ebenso im O., wo sie noch das uralische Sibirien bewohnt. — Radde nennt die Pflanze aus dem Buchenwald des Kaukasus, Pax aus dem der Karpathen. Im Trebnitzer Buchenwald ist sie häufig. Ebenso führt sie Kerner aus dem Buchenwald der herzynischen Gebirge, aber auch aus dem Eichenwald des ungarischen Tieflandes an. Rostafiński nennt als Standort Laub- und auffallender Weise auch Kiefernwälder.

Asarum europaeum stimmt mit der vorigen ziemlich gut überein, fehlt aber in Asien. — Die Haselwurz kommt in den Karpathen (Pax) und im schweizer Jura (Christ) unter Buchen vor. Im Trebnitzer Buchenwalde wächst sie nicht. Ich habe sie in den schlesischen Vorgebirgen und in der Ebene häufig in Mischwäldern gefunden, in denen jedoch die Buche stark vorherrschte.

Stellaria nemorum bleibt im W. etwas hinter der Buchengrenze zurück, geht aber im N. und O. bedeutend darüber hinaus. — Kerner führt die Pflanze aus der Grünerlenformation der Centralalpen an. Nach Höck ist sie durch ihre Vorliebe für feuchte Standorte an die Erle gebunden. Willkomm giebt sie von nassen Stellen in Buchenwäldern Centralspaniens an.

Actaea spicata stimmt in ihrer Nordgrenze mit der vorigen überein und geht im O. noch weiter. — Die Pflanze findet sich im Trebnitzer Buchenwalde, ebenso im Waldenburger Gebirge und nach Pax in den Karpathen im Buchenwald; nach Höck auch unter Erlen.

Helleborus purpurascens kommt nur im pontischen Gebiet vor und geht von dort bis in die äussersten Ostalpen, andrerseits bis nach Podolien. — Findet sich in den Karpathen in Buchenwäldern und gehört zu deren constantesten Begleitern (Pax).

Anemone transsylvanica, Charaktergewächs der Buchenwälder der Ostkarpathen.

Ranunculus cassubicus bleibt im S. und W. erheblich hinter der Buchengrenze zurück, geht dagegen im N. bis ins arktische Gebiet und im O. zwar bis an den Ural, nach Korshinsky aber nicht darüber hinaus, so dass, da die Pflanze auch in Vorderasien fehlt, ihr Vorkommen im altaischen Sibirien (Ledebour) sehr zweifelhaft erscheint. — In den Karpathen findet sie sich im Buchenwalde.

Cardamine Impatiens überschreitet im N. und O. die Buchengrenze. — Nach Pax ist die Pflanze in den Karpathen ein typischer Buchenbegleiter, ebenso nach meiner Beobachtung in Schlesien, während sie Christ aus Tannenwäldern angiebt.

Cardamine silvatica überschreitet die Ostgrenze der Buche, während sie die Südgrenze nicht erreicht; kommt wie vorige auch in Japan vor. — Zeigt nach Höck in Deutschland enge Beziehungen zur Buche. Fiek hat sie in oberschlesischen Fichtenwäldern gesammelt.

Cardamine trifolia ist eine pontische Pflanze, welche längs der Karpathen bis Schlesien, in den Alpen bis Norditalien geht. — Aus letzterem Lande giebt sie Parlatore unter Buchen und Fichten und aus der Knieholzregion an. Kerner nennt sie aus den Buchenwäldern Nordtyrols.

Dentaria glandulosa besitzt wie vorige ihr Verbreitungsgebiet in den pontischen Ländern, von wo sie über die Karpathen bis zum westlichen Polen vordringt. — Fiek nennt als Standort für diese Pflanze schattige, humose Laub- und Nadelwälder (?), speciell die Fichtenwälder Oberschlesiens.

Dentaria enneaphyllos findet sich ebenfalls hauptsächlich im pontischen Gebiet und geht von da bis Polen, Schlesien, Sachsen und Baiern. — Sie stimmt nach Höck in der Verbreitung eher mit der Edeltanne als mit der Buche überein, in deren Schatten sie oft wachse. Nach Pax in den Karpathen, nach Kerner in Nordtyrol unter Buchen, als deren Begleiter ich sie auch im Waldenburger Gebirge constatirte. Fiek giebt sie aus oberschlesischen Fichtenwäldern, Christ aus Tannenwäldern an.

Ribes alpinum überschreitet im N. und O. das Buchengebiet bedeutend.

Ribes Grossularia reicht im N. etwas über die Buchengrenze hinaus und geht im S. bis Nordafrika.

Spiraea chamaedryfolia erreicht in Steiermark ihre Westgrenze und zieht sich durch das pontische Gebiet bis Sibirien. — Ich fand die Pflanze in den Buchenwäldern der Karpathen recht häufig.

Lathyrus vernus fehlt fast im ganzen mediterranen und im atlantischen Gebiet und überschreitet nach O. hin das Buchengebiet etwas. — Nach Höck findet sich die Pflanze auch unter Weissbuchen, Birken, Espen und Edeltannen (z. B. in der Tatra). Kerner nennt sie aus den Eichenwäldern Südungarns, aber auch aus dem hochstämmigen Buchenwalde des herzynischen Systems. Im Waldenburger Gebirge unter Buchen.

Vicia silvatica zieht sich bis Irland und nördlich bis ins arktische Gebiet, fehlt aber in Nord- und Westfrankreich und in Holland (Höck); ist auch im S. und O. nicht mit der Buche vergleichbar.

Geranium phaeum reicht im W. und N. nicht bis an die Buchengrenze. — Pax nennt die Pflanze aus dem Buchenwalde der Karpathen, wo ich sie ebenfalls oft fand.

Oxalis Acetosella ist nach Höck hinsichtlich ihrer Verbreitungsgrenzen mit der Erle und Kiefer viel mehr vergleichbar als mit der Buche; kommt auch in Japan und Nordamerika vor. — Die Pflanze findet sich in den verschiedensten Waldformationen.

Mercurialis perennis reicht im O. (Sibirien), W. (Irland) und S. (Nordafrika) über die Buche hinaus, hält aber die Grenze zwischen Corsica und Sicilien einerseits und Sardinien andrerseits inne. — Hauptsächlich findet sich die Pflanze an Buchenstandorten. Nach Höck ist sie oft mit Erlen vereinigt.

Euphorbia amygdaloides besitzt ihre Hauptverbreitung im pontischen Gebiet, geht aber bis nach Italien, Spanien und Portugal und nordwärts durch Frankreich bis England und Irland. — Ich fand die Pflanze in den Karpathen überall im Buchenwalde.

Ilex Aquifolium hält die Grenze über Irland und Nordafrika inne, erreicht aber schon im nordwestlichen Deutschland die Ostgrenze. — Nach Höck kommt die Stechpalme auch mit der Edeltanne zusammen vor. Kerner fand sie in den Mischwäldern Nordtyrols, doch

besonders unter grösseren Gruppen von Buchen. In den Alpen ist sie nach Christ innig an die Buche und Weisstanne gebunden.

Acer pseudoplatanus ist in Westpreussen sicher noch wild, doch schon in Posen wohl nur angepflanzt und bleibt überhaupt an allen Grenzen hinter der Buche zurück.

Evonymus verrucosus erreicht die Nord-, West- und Südgrenze der Buche nicht, geht aber im O. über sie hinaus. — Nach Fiek kommt der Strauch in Schlesien vorzugsweise im Buchenwald vor, so bei Trebnitz und Militsch. Pax nennt ihn auch aus den Karpathen unter Buchen, unter denen er z. B. an der Zinne bei Kronstadt reichlich wächst. Kerner dagegen fand ihn in den Eichenwäldern der südungarischen Steppe, ebenso Radde in den Steppenwäldern des Kaukasus, in denen Eichen häufig waren.

Tilia platyphyllos erreicht im W. und N. die Buchengrenze nicht, mit der sie im S. recht gut übereinstimmt. — Auch die Linde scheint innerhalb der Grenzen der Buche mit dieser wenig zusammenzufallen. Radde nennt sie in Gesellschaft mit Eichen, Rüstern, Eschen u. s. w. aus den Uferwäldern der kaukasischen Steppe.

Viola silvatica fehlt auf den britischen Inseln, geht aber im N. und O. über die Buchengrenze hinaus nnd kommt auch auf Sardinien vor. — Scheint nicht streng der Buche zu folgen; Parlatore giebt sie aus der Eichen-, Kastanien-, Buchen- und Fichtenregion Italiens an, Kerner aus dem hochstämmigen Buchenwalde der herzynischen Gebirge, Pax aus dem der Karpathen.

Daphne Mezereum geht im N. und O. weit über die Buchengrenze hinaus; in Italien etwa bis 43° (Bertoloni). — Ich fand den Seidelbast in Schlesien und in den Waldkarpathen im Buchenwald. Doch kommt er häufig auch unter Erlen, zuweilen auch unter Tannen vor (Höck). Kerner nennt ihn aus den Mischwäldern und dem jüngeren Legföhrenwalde Nordtyrols, Fiek aus oberschlesischen Fichtenwäldern, wohl sicher nicht an ursprünglichem Standort.

Circaea alpina überschreitet ebenfalls im N. und O. das Buchenareal erheblich. — Höck rechnet die Pflanze zu den Erlenbegleitern. Auch Aschers on-Graebner und Wiedemann-Weber nennen sie unter Erlen. Ich selbst fand sie in Mecklenburg und in den Karpathen znsammen mit der folgenden unter Buchen.

Circaea lutetiana reicht im N. nicht bis ins subarktische Gebiet, im O. aber bis Sibirien, im W. bis Irland und im S. bis Nordafrika.

Hacquetia Epipactis ist eine pontische Pflanze, die in den Alpen bis zur Schweiz und längs der Karpathen bis Oberschlesien vordringt. — Nach der allgemeinen Angabe von Fiek wächst die Pflanze in feuchten. schattigen Laub-, selten Nadelwäldern. Ich fand sie in den Westkarpathen im Buchenwalde.

Sanicula europaea geht im W. und O., besonders aber im S. weit über das Buchengebiet hinaus, indem sie durch ganz Afrika bis zum

Kapland reicht. — Im Verbreitungsgebiet der Buche kommt sie häufig mit dieser zusammen vor, doch auch im Kiefernwald und unter verschiedenen Laubhölzern (Höck), wie ihr auch Kerner in den Mischwäldern des nördlichen Tyrol begegnete.

Astrantia major bleibt an allen Grenzen hinter der Buche zurück; ist nach Höck überhaupt keinem unserer Bäume in der Verbreitung vergleichbar. Die Pflanze scheint mehr der Wiesen- als der Waldformation anzugehören.

Primula elatior erreicht im N. und wohl auch im S. die Buchengrenze nicht. In Ostrussland, Vorderasien und Sibirien findet sie sich in besonderen Varietäten. — Nach Höck ist die Verbreitung der Pflanze innerhalb des norddeutschen Tieflandes nur theilweise mit der der Buche vergleichbar.

Symphytum tuberosum geht in Spanien etwas über die Buche hinaus, die sie aber sonst kaum an einer Grenze erreicht Uebereinstimmung mit der Buche zeigt sich darin, dass die Pflanze in Irland und Sardinien fehlt, in Corsica und Sicilien sich aber findet. — Ich habe S. tuberosum in den Karpathen unter Buchen gefunden. In Schlesien erscheint sie auch unter andern Laubhölzern und im Mischwalde

Symphytum cordatum kommt nur im pontischen Gebiet vor. — Pax fand die Art im karpathischen Buchenwald, und Kerner zählt sie zu den Charaktergewächsen des östlichen Buchengebietes überhaupt.

Lamium Galeobdolon ist im N. und S. mit der Buche vergleichbar, geht aber im O. und W. darüber hinaus.

Lamium cupreum, eine Pflanze des pontischen Gebietes, findet sich nach Pax in den karpathischen Buchenwäldern.

Lathraea squamaria geht im O. über die Buche hinaus und auch im W. bis Irland; in Spanien und an der Südgrenze überhaupt scheint sie stellenweise deren Verbreitung nicht zu erreichen. — Nach Höck tritt die Schuppenwurz in humosen Laubwäldern verschiedenen Bestandes auf. Ich selbst fand sie im Waldenburger Gebirge unter Nadelbäumen, und auch Professor Pax teilte mir mit, dass er sie in den Karpathen (Chocsgruppe) im Nadelwalde bei völligem Fehlen von Laubholz gefunden habe.

Asperula odorata überschreitet an allen Grenzen die Buche etwas, z. T. weit, teilt die Grenze über Irland und Nordwestafrika und die zwischen Corsica und Sardinien. — Meist tritt die Pflanze als charakteristischer Buchenbegleiter auf, findet sich nach Höck aber auch oft unter Erlen.

Lonicera Xylosteum fehlt auf den britischen Inseln, geht im N. bis ins subarktische Gebiet und im O. bis Sibirien und Japan.

Lonicera nigra erreicht im W. und N. die Buche nicht. Die Angabe über ihr Vorkommen in Sibirien bis Kamtschatka ist nach Köppen falsch.

Lactuca muralis reicht im W. bis Irland und geht im N. und SO. ziemlich bedeutend über das Buchenareal hinaus. — Kerner führt die Pflanze aus dem Buchenwalde Nordtyrols, Pax aus dem der Karpathen an. Nach Höck kommt sie auch unter Erlen vor.

### c) Die Kryptogamen des Buchenwaldes.

Die Charakterpflanzen einer Formation sind nicht allein unter den Phanerogamen zu suchen. Freilich haben die Kryptogamen allermeist keine physiognomische Bedeutung, doch zeigen sie oft eine ebenso grosse Abhängigkeit vom Substrat wie jene. Ob diese aber mehr durch die physikalischen oder die chemischen Eigenschaften der Unterlage bedingt wird, ist eine offene Frage, wie ja überhaupt die vergleichende Physiologie und Biologie der Kryptogamen noch dringend weiterer Klärung bedarf. Aehnlich steht es mit ihrer geographischen Verbreitung, weshalb auf diese beiden Punkte hier nicht näher eingegangen werden kann. Ich beschränke mich auf die Aufzählung der Arten, die mir in der Litteratur und im Herbar des Breslauer Botanischen Gartens als an oder unter Buchen vorkommend begegnet sind, oder die ich selbst gesammelt habe. In wie weit dies spezifische Buchenbegleiter sind, wird durch weitere Beobachtung noch festzustellen sein.

Von den heimischen Bäumen ist die Buche jedenfalls einer derjenigen, welche wegen der Glätte und Dauerhaftigkeit der Rindenoberfläche am meisten von Kryptogamen, besonders von den punkt- und fleckförmigen Krustenflechten, bewohnt werden. Dagegen finden sich auf dem Waldboden unter Buchen deren nur wenige, weil der jährliche Laubfall eine geeignete Unterlage nicht entstehen lässt. Nur an Wegrändern und steilen Böschungen, wo sich das Laub nicht halten kann, siedeln sich Flechten und Moose an. Ein sehr beliebter Standort sind die unteren Theile der Stämme und die über den Erdboden emporragenden Wurzeln, ferner die Achseln zwischen Stamm und Aesten, offenbar, weil sich hier mit der Zeit Humus bildet und das Wasser sich länger hält.

#### α) Fungi.

In der folgenden Aufzählung sind die mikroskopischen Pilze nicht berücksichtigt worden, weil die nöthigen Vorarbeiten

zu einer nur einigermaassen erschöpfenden Zusammenstellung augenblicklich noch fehlen. Von den höheren Pilzen finden sich im Buchenwalde entweder am Boden oder an Stämmen oder an modernden Zweigen und Blättern folgende Arten[1]):

Exidia glandulosa (Bull.) Fr., auf abgefallenen Zweigen verschiedener Laubbäume.

E. albida (Huds.) Brefeld, wie vorige.

Tomentella punicea (Alb. et Schwein.) Schröt., auch auf Abies.

Corticium comedens (Nees) Fr., auf abgefallenen Zweigen auch von Quercus und Alnus.

Peniophora cinerea (Pers.) Cooke, auch an Holz und Rinde verschiedener Bäume und Sträucher, wie Ulmus, Alnus, Carpinus, Sambucus, Aesculus, Prunus, Acer.

Stereum rugosum Pers., an alten Baumstümpfen, auch anderer Laubhölzer, z. B. Alnus, Carpinus, Corylus, Pirus, Salix.

St. rubiginosum (Dicks.) Fr., an alten Stöcken und Pfählen, auch auf Quercus.

Craterellus cornucopioides (L.) Pers., vorzüglich in Buchenwäldern.

Solenia stipitata Fuck., an abgestorbenen Zweigen verschiedener Laubhölzer.

Radulum hydnoideum (Pers.) Schröt., an abgefallenen Aesten, auch an Carpinus.

Radulum fagineum Fr., auch auf Birken.

Clavaria pistillaris L.,
Hydnum cirrhatum Pers., } besonders in Buchenwäldern.

H. coralloides Scop., an Aesten, auch an Abies.

Irpex obliquus (Schrad.) Fr., an abgefallenen Aesten besonders von Fagus, doch auch von Betula.

Merulius Corium (Pers.) Fr., auf abgefallenen Aesten, auch anderer Laubbäume, wie Carpinus, Salix u. a.

Fomes fomentarius (L.) Fr., ganz besonders an alten Stämmen von Fagus, doch auch an Birken.

F. conchatus (Pers.) Fr., auch an Weiden.

F. applanatus (Pers.) Wallr., auch an alten Stümpfen von Populus und Fraxinus.

F. obliquus (Pers.) Fr., besonders auf faulenden Buchenstämmen

F. lucidus (Leys) Fr., am Grunde alter Stämme, auch von Quercus und Alnus.

Polyporus cuticularis (Bull.) Fr., an alten Stämmen von Fagus und Quercus.

---

[1]) Vergl. F. Cohn, Kryptogamenflora von Schlesien. 3. Bd., 1. Hälfte. Pilze, bearb. v. J. Schröter. Breslau 1889. — Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien, I. Theil, 1. Abt.**.

Polyporus lacteus Fr., ausser an alten Stämmen von Fagus besonders an Salix.

P. albus (Huds.) Fr., auch auf Weiden.

P. rubipes Rostk, auf faulenden Buchenzweigen.

P. cristatus (Pers.) Fr., auf Erdboden in Buchenwäldern.

P. crispus (Pers) Fr., an alten Stümpfen.

P. varius (Pers.) Fr., auch auf alten Stämmen anderer Laubhölzer wie Tilia und Corylus.

P. elegans (Bull.) Fr., auch an den Aesten von Corylus, Alnus, Tilia, Betula.

P. arcularius (Batsch) Fr., auch an andern Laubhölzern.

Trametes cinnabarina (Jacq.) Fr., an Laubholzstämmen, besonders an Buchen und Birken.

Daedalia latissima Fr.,
D. cinerea Fr., } an alten Buchenstämmen.

D. gibbosa Pers., auch an alten Stümpfen anderer Laubhölzer.

D. quercina (L.) Pers., an alten Stümpfen, öfter auf Quercus.

Lenzites variegata Fr., auch an alten Pappeln.

Fistulina hepatica (Schaeff.) Fr., auch an Kastanien, öfter an Eichen.

Boletus pachypus Fr., in Buchenwäldern.

B. torosus Fr., in Buchenwäldern der Schweiz.

B. pruinatus Fr., in Buchenwäldern.

Trogia faginea (Schrad.) Schröt., an abgefallenen Aesten, auch von Betula, Alnus und Corylus.

Limacium pennarium Fr., ganz besonders in Buchenwäldern.

Russula virescens (Schaeff.) Fr., in Laubwäldern, besonders unter Buchen und Birken.

R. lepida Fr., in Buchenwäldern.

Lentinus patellaris (Fr.) P. Henn., auf Buchenästen.

L. stipticus (Bull.) Schröt., auch auf Stümpfen verschiedener anderer Laubhölzer, z. B. Alnus, Quercus, Betula.

Marasmius achyropus (Pers.) Fr., auf altem Laub, auch in Eichenwäldern.

Pratella fagicola (Lasch) P. Henn., an Buchen.

Hypholoma appendiculatum (Bull.) Karsten, am Grunde von Baumstümpfen und an lebenden Bäumen, besonders Fagus und Populus.

Derminus reticulatus (Pers.), an Buchen.

D. aleuriatus (Fr.), an Buchenstämmen und Stümpfen.

Inocybe strigiceps Fr., in Buchenwäldern.

Cortinarius illopodius (Bull.) Fr.,
C. punctatus (Pers.) Fr.,
C. torvus Fr.,
C. Bulliardi (Pers.) Fr., } in Buchenwäldern.

Naucoria carpophila (Fr.) Sacc., auf altem Laub und Fruchthüllen von Fagus.

Pholiota mutabilis (Schaeff.) Quél., an alten Stöcken auch von andern Laubhölzern (Quercus, Alnus, Betula, Salix u. a.

Pholiota radicosa (Bull.) Sacc., am Grunde alter Stöcke, auch auf Quercus.

Ph. squarrosa (Müll.) Karsten, auf lebenden und abgestorbenen Stämmen der verschiedensten Laubhölzer.

Hyporhodius chrysophaeus (Schaeff.), H. leoninus (Schaeff.), } meist auf alten Stümpfen v. Fagus.

Agaricus planus Fr., auf altem Holz.

A. stylobates Pers., auf faulendem Laub in Laubwäldern.

A. velutipes Curt., auf lebenden und abgestorbenen Laubhölzern.

A. asemus Fr., ganz besonders zwischen altem Buchenlaub.

Lepiota mucida (Schrad.) Schröt., an alten Stümpfen und lebenden Stämmen.

Hysterangium clathroides Vittadini, auch in Tannenwäldern.

Geaster fimbriatus Fr., auch in andern Laub- und Nadelwäldern.

## β) Lichenes.[1])

Verrucaria rupestris Schrad., auf Mergelsteinen im Buchenwalde.

Sagedia carpinea Mass., auf Buchenwurzeln.

S. aenea (Wallr.) Kbr., auch auf andern Baumrinden.

S. lactea Kbr., an Fagus und Carpinus

Pyrenula nitida (Schrad.) Kbr., sehr häufig an Buchen, doch auch an Eschen und Linden.

Arthopyrenia fallax Nyl., A. punctiformis Ach., } auch an andern Laub- und Nadelbäumen.

Opegrapha varia (Pers.) Kbr., auch an andern Laubhölzern und Nadelbäumen.

O. herpertica (Ach.), auch auf andern Laubhölzern; nach Stein seltener an Tannen.

O. atra (Pers.) Kbr., sonst auch an glatten Rinden anderer alter Laubbäume, seltener auch auf Tanne und Fichte.

Arthonia astroides Ach., A. gregaria (Weig.) Kbr., A. pineti Kbr., A. punctiformis (Ach.), } auch an andern Laub- und Nadelbäumen.

Zwakhia involuta (Wallr.), sonst an Fichten, Tannen und auch Laubhölzern.

Graphis scripta L., an verschiedenen Baumrinden.

Pannaria triptophylla (Ach.) Kbr., auch auf Pinus, ferner nach Stein auch auf Felsen und deren dünnen Moospolstern.

Buellia parasema (Ach.) Kbr., kommt in ihren verschiedenen Formen auf allen möglichen Substraten vor.

Lecidia parasema Ach., L. olivacea Hoffm., } auch auf andern Laubhölzern mit glatter Rinde und auf Nadelbäumen.

---

[1]) Vergl. F. Cohn, Kryptogamenflora von Schlesien, 2. Bd. Flechten, bearbeitet von B. Stein. Breslau 1878—79. — E. Kernstock, Lichenologische Beiträge. Verh. d. k. k. zoolog.-bot. Gesellschaft in Wien. Jahrg. 1891 u. 1892.

L. enteroleuca Ach., auch auf andern Laubhölzern.

Catillaria Lauveri Hepp.

Bilimbia Naegelii Hepp., nach Stein auch auf Weiden, Espen, Nussbäumen.

Biatorina nigroclavata Nyl., auch auf andern Laubhölzern.

Bacidia carneola (Ach.), Kbr', auch an andern glatten Rinden.

B. rosella (Pers.) Kbr., häufig auf Buchen, doch auch auf Ulmen und Eichen.

B. atrogrisea Del., auf Buchen.

Pertusaria communis (D.C.) Kbr., auch auf vielen andern Laubhölzern.

Callopisma cerinum Ehrh., kommt in ihren Formen auf verschiedenen Substraten vor.

Lecanora subfusca L., nach Stein in ihren Formen auch auf mancherlei andern Substraten.

L. intumescens Rebt., giebt Stein von glatten Rinden, besonders Buchen und Tannen an.

L. albella Pers., } auch an andern Laubbäumen und an Nadel-
L. angulosa Schreb., } hölzern.

Leptographis oxyspora Nyl., auch an Birkenrinde.

Candellaria vulgaris Mass., sonst auch an andern Laubbäumen.

C. vitellina Ehrh., auch auf andern Laubhölzern, Nadelbäumen und Gestein.

Ochrolechia pallescens (L.) Kbr., auch an Birken und Sandsteinfelsen.

Haematomma coccineum (Dks.) Kbr., meist an Sandsteinfelsen wenn auf Bäumen, so nach Stein vorzüglich auf Buchen.

Anaptychia ciliaris L., sonst auch auf Larix, Abies, Quercus Pinus und Fraxinus. Nach Stein im Gebirge zuweilen auch an Felsen.

Xanthoria parietina (L.) Fr., auf Substraten aller Art.

Sticta pulmonacea (L) Kbr., typische Buchenflechte, wenn sie auch gelegentlich an andern Bäumen (Ahorn, Eichen) und Felsen vorkommt.

Nephroma tomentosum (Hoffm.) Kbr., nach Stein besonders an Buchen.

Rinodina metabolica Anzi, häufiger an andern Laubhölzern; oft auch an Pinus und Larix.

R. pyrina Zw., } wie vorige, und auf Holz.
R. exigua Ach., }

## γ) Hepaticae.[1])

Metzgeria furcata (L.) Nees, sammelte ich im Trebnitzer Walde an Buchen; häufiger an Felsen in schattigen Wäldern.

M. pubescens (Schrank) Raddi, wie vorige.

Frullania Tamarisci (L.) Nees., in schattigen Wäldern am Grunde von Laubbäumen, auch an Abhängen und bemoosten Felsen.

---

[1]) Vergl. F. Cohn, Kryptogamenflora von Schlesien. 1. Bd. Lebermoose, bearbeitet von K. G. Limpricht. S. 225.

Fr. dilatata (L.) Nees, in Wäldern an Felsen; besonders aber an Laubhölzern, nicht ausschliesslich an Buchen.

Radula complanata (L.) Dmrt., an Stämmen von Laubhölzern und auf morschem Holz, auch auf blosser Erde. Höck zählt die Pflanze zu den charakteristischen Buchenbegleitern; ich selbst fand sie im Trebnitzer Buchenwalde.

Madotheca platyphylla (L.) Dmrt., in Laubwäldern an Stämmen, Felsen, seltener auf Erde. Ich fand sie reichlich an Buchen des Trebnitzer Waldes; auch Höck rechnet dies Lebermoos zu den Buchenbegleitern.

### δ) Musci.[1])

Dicranella crispa (Ehrh.) Schimp., auf feuchter, lehmig-thoniger Erde, an Böschungen, Grabenrändern u. s. w.

D. rufescens (Dicks.) Schimp., } an ähnlichen Standorten wie
D. varia (Hedw.) Schimp., } vorige.

D. heteromalla (Dill.) Schimp., häufig auf Sandstein und Granit und auf kalkfreiem, sandigem und lehmigem Boden.

Dicranum viride (Sull. et Lesq.) Lindb., auch an Eichen, nach Limpricht auch an Nadelhölzern.

D. Sauteri Schimp., an Stämmen und Wurzeln von Buchen und Nadelhölzern, sonst auch auf Kalkgestein.

Dicranodontium longirostre (Starke) Schimp., häufig an Sandsteinfelsen; auch auf modernden Stämmen und torfigem Waldboden. Ich fand das Moos im Buchenwald am Pribuj in den Waldkarpathen.

Ditrichum homomallum (Hedw.) Hampe, auf feuchtem, sandigem Boden, in Hohlwegen.

Tortula subulata (L.) Hedw., auch an beschatteten, erdigen Abhängen, an Mauern und Felsen.

Orthotrichum pulchellum Brunt., auch an anderen Bäumen.

O. pallens Bruch., nach Limpricht auch an älteren Sträuchern und an Eschen und Apfelbäumen. Diese und die folgende Art sind nach Höck typische Buchenpflanzen.

O. stramineum Hornsch, meist auf Buchen, doch auch auf Nussbäumen und Ebereschen.

O. patens Bruch., häufig an Buchen, so im Trebnitzer Walde; auch an anderen Wald- und Feldbäumen.

O. Rogeri Brid., auch auf Ebereschen, Fichtenästen, Pappeln und Haselsträuchern.

O. leiocarpum Br. et Sch., auch auf Pappeln, Weiden, Linden und Obstbäumen. Nach Höck ist das Moos wie O. speciosum und O. affine zweifelhafter Buchenbegleiter; ich selbst fand es auf der Okola (Waldkarpathen) an Buchen.

O. Lyelli Hook. et Tayl., ausser an Rotbuchen nach Limpricht an Eichen, Weisstannen, Fichten und seltener auch an Felsen.

---

[1]) Rabenhorst, Kryptogamenflora. 2. Aufl. 4. Bd. Moose, bearbeitet von K. G. Limpricht.

Ulota Ludwigii Brid., auch an Erlen, jungen Eichen und Birken. Höck rechnet das Moos mehr zu den Eichenbegleitern.

U. Drummondii (Hook. et Grev.) Brid., auch an Ebereschen, Birken und Erlen.

U. Bruchii Hornsch., an Buchen, doch nach Limpricht auch an verschiedenen anderen Laub- und an Nadelbäumen. Diese wie die beiden folgenden Arten bezeichnet Höck als zweifelhafte Buchenmoose. Ich habe das Moos auf der Okola und am Pribuj in den Waldkarpathen an Buchen gesammelt.

U. crispa (L.) Brid., nach Limpricht besonders an Nadelhölzern, doch waren im Herbar häufiger Buchen als Substrat genannt, einmal Birken.

U. crispula Bruchs., im Herbar mehrfach von Buchen.

Zygodon viridissimus (Dicks.) Br., von Höck als zweifelhaftes Buchenmoos bezeichnet; liegt jedoch im Herbar öfter von Buchen. Nach Limpricht auch an anderen Laubhölzern und selten an Tannen.

Tayloria Rudolphiana (Hornsch.) Br. et Sch., auf alten bemoosten Stämmen; auch auf altem Holz.

Webera elongata (Hedw.) Schwaegr., auf kalkfreier oder kalkarmer Erde, auch in anderen als Buchenwäldern.

Rhodobyrum roseum (Weis) Limpr., an feuchten Waldstellen, auf Steinen, auch auf Wiesen und buschigen Plätzen.

Mnium serratum Schrad., auf feuchtem Waldboden.

M. lycopodioides (Hook.) Schwaegr., in Buchenwäldern der Alpen.

M. rostratum Schrad., sammelte ich auf dem Pribuj am Grunde von Buchen.

M. hornum L. fand ich z. B. im Trebnitzer Buchenwalde.

Polytrichum formosum Hedw., auf schattigem, trockenem Waldboden auch in anderen Laubwäldern.

Georgia pellucida (L.) Rabenh., an feuchten Stellen, morschen Stämmen auch anderer Bäume; auch an kalkfreien Felswänden.

Buxbaumia aphylla L., auf thonig-sandigem Waldboden, besonders an Hohlwegen und Erdlehnen in Nadel- und Laubwäldern.

Diphyscium sessile (Schmid.) Lindb., auch auf steinigen und felsigen Abhängen.

Leskea nervosa (Schwägr.) Myrin., z. B. an Buchen auf dem Pribuj und im Trebnitzer Buchenwalde, aber auch an Ebereschen und Weissbuchen.

Anomodon apiculatus Br. et Sch., am Grunde alter Waldbäume ausserdem häufig auf beschatteten Felsblöcken aller Art, doch selten auf Kalk und Sandstein.

A. viticulosus (L.) Hook. et Tayl., wie vorige; nach Höck ein zweifelhaftes Buchenmoos.

A. attenuatus (Schreb.) Hüben., in Laubwäldern an Wurzeln und Stämmen, auch an Felsen; ich fand das Moos auf dem Pribuj an Buchen.

A. longifolius (Schleich.) Bruch., in dichten Laubwäldern. auch an Eichen- und Ahornstämmen. Nach Höck ein zweifelhaftes Buchenmoos.

Thuidium minutulum (Hedw.) Br. et. Sch, seltenes Moos, welches sich in den Wäldern der Ebene über Steine und Wurzeln und am Grunde der Stämme hinzieht, besonders an Eichen und Buchen.

Pterogonium gracile (Dill) Sw. häufig an Buchen, doch auch an Eichen und Kastanien, ferner an kalkarmen Felsen und Gesteinstrümmern.

Pterigynandrium filiforme (Timm) Hedw., fast immer an Buchen; auch von Höck zu den typischen Buchenmoosen gerechnet.

Neckera pennata (L.) Hedw., meist an alten Buchenstämmen; bei Höck mit den drei folgenden als typischer Buchenbegleiter genannt. Ich fand das Moos auf dem Pribuj in den Waldkarpathen an Buchen.

Neckera pumila Hedw., wie vorige.

N. crispa (L.) Hedw., wie vorige, doch auch auf verschiedenen Felsarten, besonders auf Kalk.

N. complanata (L.) Hüben., wie vorige; ich fand das Moos auf dem Pribuj und am Pop Jvan (Waldkarpathen) an Buchen.

N. Besseri (Lob.) Jur., verbreitet in Süddeutschland, den Alpen und Karpathen an beschatteten, kalkreichen Felsen, seltener an Baumstämmen und dann häufig an Buchen.

Anacamptodon splachnoides (Fröl.), Brid., in nassen Astlöchern, in Astwinkeln und auf überwallten Schnittflächen der Laubhölzer, seltener der Fichten und Tannen.

Cryphaea heteromalla (Dill.) Mohr, häufiger an verschiedenen andern Bäumen und Sträuchern.

Antitrichia curtipendula (Hedw.) Brid., auch an Eichen und verschiedenen Felsen. Höck rechnet die Pflanze zu den Buchenmoosen.

Leucodon sciuroides (L.) Schwägr., an Felsen aller Art und rissigen Rinden. Ich sammelte das Moos auf dem Pribuj an Buchen. Nach Höck ein zweifelhafter Buchenbegleiter.

Isothecium myurum (Poll.) Brid., wird wie das folgende von Höck zu den zweifelhaften Buchenmoosen gerechnet. Ich fand es zwischen Trebusa und dem Pop Ivan an Buchen.

Homalothecium sericeum (L.) Br. et Sch., an Mauern, Felsen und Stämmen; an Buchenstämmen auf dem Pribuj (Waldkarpathen).

H. Philippeanum (Spruce) Br. et Sch., an beschatteten Kalkfelsen und Kalkmauern und am Grunde benachbarter Laubholzstämme, besonders Buchen.

Homalia trichomanoides (Schreb.) Br. et Sch., in schattigen Wäldern an Baumwurzeln und am Grunde von Laubholzstämmen. Nach Höck ein zweifelhaftes Buchenmoos.

Lescuraea striata (Schwägr.) Br. et Sch., Gebirgsmoos; auch an Stämmen, Ästen und Wurzeln von Pirus, Alnus, Rhododendron und Pinus Pumilio. Ich sammelte es auf der Okola (Waldkarpathen) an Buchen.

Eurynchyum striatulum (Spruce) Br. et Sch., geht von beschattetem Kalkgestein wohl nur zufällig auf Buchenwurzeln und Stämme über.

E. germanicum Grebe, an alten knorrigen Buchenwurzelstöcken in Waldschluchten auf kalkfreier oder schwach kalkhaltiger Unterlage.

E. crassinervium (Tayl.) Br. et. Sch., auf Kiesel- und Kalksteinen in Buchenwäldern.

E. Tomassini (Sendt.), gern an freiliegenden Kalkblöcken in lichten Buchenwäldern.

Plagiothecium undulatum (L.) Br. et Sch., in der von R. Warnstorf zusammengestellten Liste bei Höck (Laubwaldflora Norddeutschlands. Stuttgart 1896, p. 31) als typisches Buchenmoos bezeichnet, während es nach Limpricht hauptsächlich in Nadelwäldern wächst.

P. silesiacum (Selig.) Br. et Sch. sammelte ich auf dem Pribuj an Buchen.

P. Roeseanum (Hampe) Br. et Sch. auf lockerer Erde und an verschiedenen Gesteinen; ich fand es im Trebnitzer Buchenwalde.

Amblystegium subtile (Hoffm.) Br. et Sch. an Stämmen und Wurzeln auch von anderen Laubhölzern. Höck rechnet es zu den Buchenbegleitern.

Brachythecium glareosum (Bruch) Br et Sch., von Höck als Buchenmoos angegeben.

B. velutinum (Dill.) Br. et. Sch., von Höck als Buchenmoos angegeben.

B. sericeum Warnst., auch auf anderen alten Laubholzstümpfen und Wurzeln; bei Höck als typisches Buchenmoos.

B. curtum (Lindb.), auf feuchter Erde, an Baumwurzeln; selten auf Steinen.

B. Starkei (Brid.) Br. et Sch., auch auf Fichten, Ebereschen und Knieholz; auf Wurzeln und kieselreichen Gesteinstrümmern.

B. reflexum (Starke) Br. et. Sch., häufig auf der Rinde und den Wurzeln von Buchen, aber auch von Fichten, Ebereschen, Knieholz. Nach Höck Buchenmoos.

B. laetum Br. et Sch., in Süddeutschland auf Kalk und kalkhaltigen Gesteinen, unter Gebüsch und in lichten Buchenwäldern.

B. Geheebii Milde, auf Gesteinstrümmern (Basalt, Phonolith, Melaphyr, Porphyr) in schattigen Buchenwäldern.

B. salebrosum (Hoffm.) Schimp., fand ich auf der Okola an Buchen.

Hypnum contiguum Nees, auch an der Rinde von Birken und Nadelbäumen und an behauenem Holz.

H. incurvatum Schrad., gern auf Kalk und kalkhaltigem Gestein, sehr häufig auf Basalt und Mauertrümmern. Von Höck zu den Buchenbegleitern gezählt.

H. pallescens (Hedw.) P. B., Gebirgsmoos; an Stämmen und Wurzeln auch auf Pirus und besonders an Nadelhölzern.

H. reptile Michx., an Wurzeln und faulendem Holz.

H. resupinatum Wils., an Steinen und Stämmen; an Buchen häufig im Küstengebiet von Jütland.

H. Haldanianum Grév., auf lehmigem und thonigem Boden, auch in andern Laubwäldern.

H. uncinatum Hedw., fand ich auf der Okola und am Pop Ivan unter Buchen.

H. cupressiforme L., sammelte ich auf dem Pribuj im Buchenwalde.

H. crista castrensis L., auch in andern Formationen.

### ε) Pteridophyta.

Die Gefässkryptogamen sind von den Sammlern und Floristen meist mit den Phanerogamen zusammen behandelt worden. Dennoch würde man irren, wollte man annehmen, dass die Kenntniss ihrer geographischen Verbreitung ebenso gesichert sei, wie die der Phanerogamen. Dazu kommt freilich die Schwierigkeit, dass die meisten der hier in Betracht kommenden Arten eine sehr weite Verbreitung besitzen. Im Buchenwalde fand ich folgende Arten:

Selaginella helvetica (L.) Lk., sammelte ich in den Karpathen im Buchenwalde, meist auf Felsen.

Lycopodium clavatum L.,
L. annotinum L., } beide vielleicht häufiger in Nadelwäldern.

Equisetum silvaticum L., häufiger noch an feuchten Stellen im Nadelwald.

Scolopendrium vulgare Sm., häufig auch an Felswänden.

Asplenium Trichomanes L., an Steinmauern und in Felsritzen auch anderer Formationen.

A. viride Huds., wie vorige, kalkhold.

Athyrium Filix femina (L.) Roth, auch in Nadelwäldern bis an die Baumgrenze und zwischen Felsen.

Cystopteris fragilis (L.) Bernh., häufiger in Fels- und Mauerritzen auch in andern Formationen.

Aspidium Lonchitis (L.) Sw., häufig im Buchenwalde an der oberen Grenze des Baumes.

A. aculeatum Döll; diesen Farn mit seinen Varietäten fand ich in den Karpathen fast überall im Buchenwalde; er ist einer der wenigen, die auch Pax aus dieser Formation anführt, und kann vielleicht als einer der wenigen typischen Buchenfarne gelten.

A. spinulosum (L.) Sw., auch häufig zwischen Felsen bis in die alpine Region.

A. Filix mas (L.) Sw., auch in andern Waldformationen.

Phegopteris polypodioides Fée
Ph. Dryopteris (L.) Fée } auch an schattigen Felsen in andern Formationen.

Polypodium vulgare L., doch meist auf Steinen und an Felsen.

## 3. Gliederung der Buchenwaldformation.

### a) Pflanzengeographische Bezirke im Areal der Buche.

Der Umstand, dass das Areal der Buche sich über einen grossen Theil des europäischen Florengebietes erstreckt, legt die Vermutung nahe, dass eine reiche Gliederung innerhalb dieses Gebietes zur Geltung komme. Dem ist aber nicht so. Nur im Osten des Areals, im pontischen Gebiete, treten die für diesen Bezirk charakteristischen Pflanzenformen in den Buchenwald ein. Als solche Charakterpflanzen können gelten: Scilla bifolia, die dem Zuge der Karpathen folgt und im südlichsten Schlesien ihre Nordgrenze erreicht; Helleborus purpurascens, der in den östlichsten Alpen von Krain seine Westgrenze findet[1]); Anemone transsylvanica, ein prächtiger Endemismus Siebenbürgens. Die rothblühende Dentaria glandulosa erreicht wie Scilla bifolia längs der Karpathen in den Beskiden die Nordgrenze ihrer Verbreitung. Symphytum cordatum und Lamium cupreum sind lediglich auf das pontische Gebiet beschränkt. Hieran würden sich noch schliessen Dentaria enneaphyllos, sowie Cardamine trifolia, welche die Grenzen des pontischen Bezirkes weiter überschreitet, indem sie noch in Steiermark, Kärnthen und in der Schweiz auftritt und ähnlich, wie die charakteristische Euphorbia amygdaloides, noch in Italien erscheint; Hacquetia Epipactis, die bis in die Ostalpen reicht. Auch Evonymus verrucosus, der im Buchenwalde von Trebnitz in Schlesien den am weitesten nach NW. vorgeschobenen Standort seiner Verbreitung besitzt, muss als Charakterpflanze des pontischen Gebietes[2]) gelten.

So würde das Areal der Buche also durch eine Schaar wichtiger Vegetationslinien sich gliedern, welche das Gebirgsland der gesammten Karpathen und die Berge der Balkanhalbinsel von den nördlichen und westlichen Bezirken des Buchenareals ausscheidet. Wenn auch diese Grenzlinie in den Ostalpen nicht die Schärfe besitzt wie gegen Norden hin, so dürfte sie

[1]) Schiffner, Monographia Hellebororum. Halle 1890. p. 164.

[2]) Vergl. hierzu die Schilderung des pontischen Laubwaldes in Kerner, Pflanzenleben der Donauländer. Innsbruck 1863. p. 126; und Pax, Grundzüge p. 119, 134, 137.

doch zur Abgrenzung eines wohl charakterisierten Gebietes — des pontischen — kaum übersehen werden.

Anders verhält es sich mit der Grenzlinie, welche die atlantischen und subatlantischen Provinzen Europas[1]), soweit sie dem Buchenareal angehören, ausscheidet. Zwar fehlen hier Corydalis cava und Lathyrus vernus, aber nirgends begegnet in den Küstengebieten etwa ein Reichtum neuer Formen im Buchenwalde, wie er die pontischen Wälder von denen des westlichen Europas in so hohem Masse auszeichnet. Höchstens wäre der immergrüne Ilex Aquifolium zu nennen, der einen Schmuck der Buchenwälder ostwärts noch auf Rügen und in Neuvorpommern bildet, dem ganzen Osten des Buchenareals aber fehlt, um erst wieder in der Kalkzone der Alpen, am Niederrhein und in den Buchenwäldern des Mediterrangebietes aufzutreten.

Da die Buche in entsprechender Höhenlage im Mittelmeergebiet wiederkehrt, ist es keine überraschende Thatsache, dass neben den constanten Buchenbegleitern hier auch Formen wärmerer Heimat in den Verband Aufnahme finden. Pax[2]) beschreibt die Buchenwälder des unteren Csernathals in der Nähe des Donaudurchbruches am Eisernen Thor, in denen Ruscus, Fraxinus Ornus L., Tamus communis L., Syringa vulgaris L. und andere als fremde Elemente erscheinen; und ähnlich verhält es sich überall an den Grenzgebieten an anderen Stellen des Buchenareals. Aber vor allem ist noch zu betonen, dass von den typischen Buchenpflanzen Mitteleuropas eine Anzahl die Polargrenze des Mediterrangebietes nicht überschreitet, wie Corydalis cava, Circaea intermedia, Cardamine silvatica, Daphne Mezereum und Phyteuma spicatum.

### b) Facies in der Buchenwaldformation.

Innerhalb der Buchenwaldformation lässt sich auch auf beschränktem Raume ein Wechsel der physiognomischen Erscheinung der Vegetation leicht erkennen, der hauptsächlich durch Bodenverhältnisse bedingt wird. Die Hauptmasse im

[1]) Vergl. hierzu Roth, Über die Pflanzen, welche den atlant. Ocean auf der Westküste Europas begleiten. Abh. d. bot. Vereins f. Prov. Brandenburg, XXV. p. 132.

[2]) l. c. p. 118, 219.

Buchenwalde wird von solchen Pflanzen gebildet, die vorzüglich in dem humosen Boden gedeihen, wie ihn der typische Buchenwald durch den jährlichen Laubfall und vermodernde Aeste und Stämme liefert, den P. E. Müller[1]) als Buchenmull bezeichnet. In diesem lockeren, schwarzbraunen Boden, in dem, soweit die Forstkultur den Habitus des Waldes noch nicht modifiziert hat, der Wanderer tiefe Spuren zurücklässt, finden sich viele der stattlichsten Vertreter der Buchenflora: die tiefgrüne Luzula silvatica, Allium ursinum mit seinen weithin leuchtenden, weissen Schraubelköfpchen, das steife Lilium Martagon und Scilla bifolia mit ihren amethystblauen Sternen, im Hochsommer leuchten an solchen Standorten die rothen Beerenfrüchte von Polygonatum verticillatum und Daphne Mezereum, während Helleborus purpurascens, Asarum europaeum, Viola silvatica und mirabilis, Oxalis Acetosella, Hacquetia Epipactis und Veronica montana mit ihrem niedrigen Wuchs und zum Theil wenigstens grossem Laube den Boden mit einem tiefen Grün überkleiden. Zu ihnen gesellen sich noch Cardamine Impatiens und trifolia, Phyteuma spicatum, Sanicula europaea, Lamium Galeobdolon, Melittis melissophyllum, die schönste unserer heimischen Labiaten, und stellenweise massenhaft im Frühjahr unter den Haselbüschen die hell fleischroten schuppigen Stämmchen von Lathraea squamaria.

Zu feuchteren Standorten neigen schon hinüber Carex silvatica, die sich, wie Symphytum tuberosum, gern an rieselndem Wasser ansiedelt, ferner Actaea spicata, Cardamine silvatica, Symphytum cordatum, Astrantia major und Circaea lutetiana. Direkt nasses Erdreich lieben nur einige wenige, wie Circaea alpina und Lysimachia nemorum, welche dieselben Existenzbedingungen auch in anderen Waldformationen finden.

Den Übergang vom humosen zum trockneren, etwas steinigen Boden, wie er sich häufig an lichteren Berglehnen findet, zeigen Aquilegia vulgaris, Anemone Hepatica und transsylvanica, Arum maculatum, Asperula odorata und Galium Schultesii an. Eine letzte Gruppe von Pflanzen bevorzugt endlich jenen trockneren, steinigen Boden ganz entschieden,

[1]) P. E. Müller, Studien über die natürl. Humusformen und deren Einwirkung auf Vegetation und Boden. Berlin 1887. p. 8.

so z. B. die Buchengräser, Carex pendula, die Buchenwald-orchideen, Spiraea chamaedryfolia, Vicia silvatica, Lathyrus vernus, Mercurialis perennis, Hypericum montanum, Primula elatior und Lactuca muralis.

Alle die genannten Pflanzen finden sich hauptsächlich dort im Buchenwalde, wo der Mull den Boden bildet, eine meist auf lehmigem oder thonigem Untergrund auftretende, mehr oder weniger mächtige, lockere, von zahlreichen kleinen Tieren durchwühlte Humusschicht, auf der die erdbewohnenden Moose fast gänzlich fehlen.

Diesem Boden gegenüber steht der Buchentorf[1]), der sich besonders in der Ebene mehr auf Geschiebesand als auf lehmigem Untergrunde findet, natürlich nicht unvermittelt, sondern durch zahlreiche Uebergangsformen mit dem »Mull« verbunden, aus oder auf welchem der »Torf« ja erst unter atmosphärischen Einflüssen sich bildet. Auch der Buchentorf wird hauptsächlich von den organischen Überresten der abgefallenen Blätter, Früchte, Zweige u. s. w. gebildet, doch fehlt in ihm das Tierleben fast völlig, und er ist von einem undurchdringlichen Flechtwerk feiner Buchenwurzeln durchzogen, so dass er eine elastische, gänzlich feste Decke bildet. Die Vegetation zeigt hier ein ganz anderes Aussehen. Viele Phanerogamen aus anderen Formationen, besonders der Nadelwald-, Heide- und Hochmoorformation [Deschampsia flexuosa (L.) Gris., Trientalis europaea L., Majanthemum bifolium (L.) Schmidt, Melampyrum pratense L., Potentilla silvestris Neck.] siedeln sich hier an, und eine üppige Moosvegetation bedeckt den Boden.

Schon die Zusammensetzung dieser Pflanzendecke zeigt, dass der Torf nicht als der typische Boden des Buchenwaldes anzusehen ist. Wie schon P. E. Müller bemerkt, zeigt die Buche in ihm nicht das kräftige Wachstum, wie im Mull, und junger Nachwuchs kommt in ihm überhaupt nicht fort. Der typische Buchenwaldboden ist der Mull, wie er fast allein in den ausgedehnten Buchenurwäldern der moorarmen Karpathen auftritt, die sich spontan verjüngen, und in welche Pflanzen aus den genannten anderen Formationen nur gelegentlich eintreten.

[1]) P. E. Müller, l. c. p. 21.

# II. Beziehungen der Buchenflora zu Boden und Klima.

## I. Absorptionssystem.

### a) Morphologie der Wurzel.

Die gleichen Bodenverhältnisse sind also nach den eben gemachten Auseinandersetzungen für alle Buchenwaldpflanzen massgebend: alle wachsen in einem stellenweise mehr oder weniger steinigen, aber immer sehr reichen Humusboden. Der jährliche Laubfall der Buchen und das Vermodern der gefallenen Stämme bringt in Wäldern, die sich selbst überlassen bleiben, oft eine bedeutende Mächtigkeit dieser Humusschicht hervor.

Diesen gleichmässigen Bodenverhältnissen entsprechend findet sich auch eine gleichartige Ausbildung des Wurzelsystems bei den Begleitpflanzen des Baumes, obwohl zu ihnen Glieder der verschiedensten Familien gehören. Abgesehen von einigen wenigen Zwiebeln oder Knollen (Allium ursinum, Lilium Martagon, Arum maculatum, Corydalis cava) und den fleischigen, spindelförmigen Wurzeln der nicht perennierenden Cardamine Impatiens und silvatica, haben die meisten der hier in Betracht kommenden Pflanzen Rhizome, die in horinzontaler oder schräger Richtung den Boden durchziehen, mit reichlicher Ausbildung seitlicher Adventiv-Wurzeln. Es ist klar, dass diese Form den physikalischen und den Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens am besten entspricht; denn eine besondere Eigentümlichkeit desselben liegt in der Fähigkeit begründet, Wasser dauernd festzuhalten, da durch die innige Vermischung des organischen Detritus mit mineralischen Bodenpartikeln, wie sie besonders durch die Thätigkeit der zahlreichen Regen-

würmer erfolgt, ein vorzügliches Capillarsystem hergestellt wird[1]), dessen Verdunstungsgrösse durch die über ihm lagernde Decke abgefallenen Laubes aus dem Vorjahre erheblich herabgesetzt wird. Es ist daher nicht zu befürchten, dass im Buchenwalde die obersten Schichten so weit austrocknen, dass sie den vorkommenden Pflanzen nicht mehr die nötige Feuchtigkeit zu bieten vermöchten. Eine lange Pfahlwurzel, wie sie etwa die Sand-[2]) und Wüstenpflanzen[3]) besitzen, um das in den tieferen Erdschichten vor Verdunstung geschützte Wasser zu erreichen, wird also nicht notwendig, umsoweniger als sie wegen des windgeschützten Standortes auch zur Verankerung der Pflanze im Boden nicht erforderlich ist. In noch höherem Masse zeigt sich diese Anpassung an die Bodenverhältnisse, wenn die unten noch zu erwähnende Übereinstimmung zwischen dem Wurzelsystem und der Lebensdauer der Buchenwaldpflanzen betrachtet wird.

### b) Mykorrhiza.

Die Anatomie der Wurzeln der Buchenwaldpflanzen zeigt im allgemeinen wenig hervortretende Eigentümlichkeiten und abgesehen von anderweitig zu erklärender Übereinstimmung im Bau wenig gemeinsame Charactere. Dagegen muss die Bildung der Mykorrhiza in der Formation des Buchenwaldes eingehendere Berücksichtigung finden.

Das Auftreten der Mykorrhiza an den Wurzeln der Buche[4]) ist seit fast anderthalb Jahrzehnten sicher erwiesen; nachdem dieselbe Erscheinung, auf die Kamienski zuerst an Monotropa hingewiesen hatte, noch für einige weitere Humusbewohner konstatiert worden war, zeigte Schlicht, »dass die Symbiose zwischen Wurzeln und Pilzen eine ungeahnte Ver-

---

[1]) Nach P. E. Müller, l. c. p. 14 ist es neben Lumbricus terrestris L. besonders L. purpureus Eisen, der direkt als Buchenregenwurm bezeichnet werden kann; ferner kommen in Betracht Allolobophora turgida Eisen und die kleinen, von wenigen Millimetern bis zu 1 Centimeter langen Arten der Gattung Enchytreus.

[2]) W. Grosser, Die schlesische Inundationsflora. Dissertation. Breslau 1898 p. 12.

[3]) G. Volkens, Die Flora der egyptisch-arabischen Wüste. Berlin 1887 p. 23.

[4]) Vergl. hierzu: Frank, Lehrbuch der Botanik. Leipzig 1892. I. Bd. p. 259; daselbst auch (p. 274) die ältere Litteratur.

breitung über unsere Flora hat«.[1]) Er fand sie regelmässig bei solchen Pflanzen, die auf völlig humosem oder doch wenigstens noch mit etwas Humus versetztem Boden gewachsen waren. Es lag daher der Gedanke nahe, dass alle Buchenwaldpflanzen als echte Humusbewohner die Mykorrhiza besitzen. Meine Untersuchungen ergaben nun, dass dies nicht in solchem Umfange der Fall ist. Bei einer ziemlich bedeutenden Anzahl typischer Buchenbegleiter habe ich eine Mykorrhiza nicht gefunden. Das könnte freilich, obwohl mehrere Individuen der betreffenden Art untersucht wurden, noch ein zufälliges Ergebnis sein.

Da es an dieser Stelle auf eine Beschreibung der einzelnen Mykorrhizen nicht ankommt, so begnüge ich mich damit, die von mir als verpilzt erkannten Pflanzen mit Angabe des Fundortes aufzuzählen und nur einige merkwürdige, z. T. bisher noch nicht beobachtete Thatsachen anzuführen, wobei bemerkt werden soll, dass alle hier in Betracht kommenden Mykorrhizen endotrophischer Natur sind. In dieser Aufzählung sind übereinstimmende Angaben früherer Autoren mit einem * bezeichnet.

Mykorrhiza fand ich bei folgenden Pflanzen:

Polygonatum verticillatum, Waldkarpathen, Okola.

*Cephalanthera alba, Schlesien, Trebnitzer Buchenwald.

*Neottia nidus avis, ebendaher.

*Asarum europaeum, Schlesien, Rathener Busch b. Lissa.

*Actaea spicata, Waldkarpathen, Okola.

*Anemone Hepatica, Mecklenburg, Buchenwald b. Neu-Strelitz.

Ranunculus lanuginosus, Schlesien, Buchenwald am Bahnhof Charlottenbrunn.

*Lathyrus vernus, Schlesien, Hornschloss im Waldenburger Gebirge.

Geranium phaeum, Waldkarpathen, Buchenwald b. Trebusa.

Mercurialis perennis, ebendaher.

Viola silvatica, Schlesien, Trebnitzer Buchenwald.

---

[1]) A. Schlicht, Beitrag zur Kenntnis der Verbreitung und der Bedeutung der Mykorrhizen. Landwirtschaftl. Jahrbücher. 18. (1889). p. 477.

Daphne Mezereum, Waldkarpathen, Okola.
Hedera Helix, Österr.-Schlesien, Krebsgrund b. Jauernig.
*Sanicula europaea, Schlesien, Trebnitzer Buchenwald.
Astrantia major, Waldkarpathen, Okola.
*Lysimachia nemorum, Schlesien, Waldenburger Gebirge.
Lactuca muralis, Schlesien, Trebnitzer Buchenwald.
Veronica montana, Schlesien, beim Bahnhof Charlottenbrunn. Hier konnte ich Pilzhyphen von der typischen Ausbildung der Mykorrhizen zwar nicht beobachten, wohl aber drangen hier und da die Wurzel umspinnende, braune Pilzfäden des Bodens ins Innere ein, wo sie dann heller wurden.

Bei einigen von mir nicht untersuchten Buchenwaldpflanzen ist die Mykorrhiza schon früher entdeckt worden, so von Mollberg[1]) bei Arum maculatum, von Schlicht[2]) bei Primula elatior und von Stahl[3]) bei Scilla bifolia, Cypripedium Calceolus, Aquilegia vulgaris, Ilex Aquifolium, Vinca minor, Lonicera nigra und L. Xylosteum.

Keine Mykorrhiza zeigte sich bei:

Milium effusum, Mecklenburg, Buchenwald b. Neu-Strelitz.
*Carex silvatica, Botanischer Garten, Breslau.
Luzula silvatica, ebendaher.
Lilium Martagon, Schlesien, Buchenwald am Bahnhof Charlottenbrunn.
*Cardamine Impatiens, ebendaher.
*Dentaria bulbifera, ebendaher.
Dentaria enneaphyllos, ebendaher.
*Oxalis Acetosella, ebendaher.
Circaea lutetiana, Mecklenburg, Buchenwald b. Neu-Strelitz und Waldkarpathen bei Brusztura.
Lamium Galeobdolon, Schlesien, am Bahnhof Charlottenbrunn und Österr.-Schles., Krebsgrund b. Jauernig.
*Asperula odorata, Schlesien, Bahnhof Charlottenbrunn.
*Phyteuma spicatum, Schlesien, Waldenburger Gebirge.

---

[1]) Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 1884. p. 533.
[2]) l. c. p. 595.
[3]) E. Stahl, Der Sinn der Mykodhizonbildung. Jahrb. f. wissenschaftl. Bot. 34. Bd. 4. Heft.

Keine Mykorrhiza fand Stahl ferner bei Corydalis cava, Sambucus nigra und Cardamine silvatica; dagegen giebt er bemerkenswerterweise im Gegensatz zu meinen Beobachtungen Myhorrhiza an bei Lilium Martagon[1]) und Lamium Galeobdolon[2]), woraus man vielleicht auf ein nicht constantes Vorkommen derselben bei den genannten Pflanzen schliessen könnte.

Schon Schlicht bemerkt, dass er niemals bei Cruciferen eine Mykorrhiza gefunden habe. Auch bei den von mir untersuchten Arten aus dieser Familie trat sie nicht auf, und die Wahrscheinlichkeit, dass sie der ganzen Familie fehlt, wird dadurch grösser.

Aus dem Befunde an Actaea spicata ergiebt sich vielleicht auch ein Beitrag zur Beantwortung der Frage, ob der Pilz der Wurzel Nährstoffe entzieht oder nicht. Die den Centralcylinder umgebende Zellschicht ist ganz mit körnigem Inhalt erfüllt, wie er ähnlich auch bei Neottia und Cephalanthera auftritt, und ihre Zellen sind im Verhältnis zu denen des sonstigen Rindengewebes ziemlich stark erweitert. Eine Vergleichung mit älteren, nicht verpilzten Wurzeln ergiebt aber, dass dieser Unterschied hier nicht besteht. Die Erweiterung scheint also durch den Pilz hervorgerufen zu sein. Häufig ist auch noch die nach aussen folgende Zelllage mehr oder weniger erweitert und mit dem granulierten Inhalt versehen. Der Pilz beschränkt sich aber auf diese Stellen nicht, sondern dringt auch in das mehr peripherisch gelegene Gewebe ein, stellenweise bis in die subepidermale Schicht. In den peripherischen Teilen sind die Hyphen nicht so zahlreich, aber meist stärker. Die verpilzten Wurzeln hatten stellenweise sehr viel Stärke gespeichert, und zwar auch in solchen Zellen, die von Hyphen durchzogen waren. In den innersten, erweiterten, mit dem granulierten Inhalt angefüllten Zellen fehlte sie. Ein Vergleich mit etwas älteren, unverpilzten Wurzeln zeigte das ganze parenchymatische Gewebe der Wurzel gleichmässig mit Stärke durchsetzt. Es ist also sehr wahrscheinlich, dass der Pilz die Stärke absorbiert, zumal deutlich ersichtlich ist, dass die Stärkemenge von innen nach aussen hin zunimmt, während die Hyphenmenge in demselben Masse abnimmt.

[1]) l. c. p. 553.
[2]) l. c. p. 551.

Daraus würde sich also eine wenigstens teilweise erfolgende Ernährung des Pilzes durch den phanerogamen Symbionten ergeben. Dagegen tritt die Frage auf, welchen Vorteil der Pilz gewährt. Nach Frank hat die merkwürdige Symbiose den Zweck, durch den Pilz den Humus für die mykotrophe Pflanze möglichst auszunutzen. Einen anderen Sinn erblickt darin Stahl in seiner neuesten Arbeit[1]). Er rückt nicht die für die Ernährung günstigen Eigenschaften des Humus in den Vordergrund, sondern stellt die Frage: »ist nicht etwa Mykorrhizenbildung auf humusreichem Boden deshalb besonders verbreitet, weil diesem gewisse Eigenschaften zukommen, welche den grünen Pflanzen mit unverpilzten Wurzeln den Kampf ums Dasein erschweren?« — Als eine solche Eigenschaft sieht er besonders die vollständige Durchwucherung des Humusbodens mit Pilzmycelien an. Die Pilze brauchen aber zur Bildung ihrer oft recht grossen Fruchtkörper und ausserordentlich zahlreichen Sporen ganz erhebliche Mengen jener Nährsalze, welche auch für die Ernährung der grünen Pflanzen unentbehrlich sind. Da aber die Pilzhyphen chemotropische Reizbewegungen ausführen, also auf die nährsalzhaltigen Stellen direkt loswachsen können, was die Wurzeln der höheren Pflanzen jedenfalls nicht vermögen, so sind ihnen gegenüber im Kampf um die Nährsalze die Pilze in bedeutendem Vorteil. Zur Ausnutzung dieses Vorteils nun machen sich diejenigen grünen Humusbewohner, denen ein reich verzweigtes und ausgebreitetes Wurzelsystem fehlt, gewisse Pilze dienstbar, »welche sie des selbständigen Nährsalzerwerbes mehr oder weniger entheben, indem sie von ihnen schon weiter verarbeitete organische Verbindungen empfangen. Die zum Aufbau der letzteren nötigen Kohlenstoffverbindungen können bei grünen Pflanzen den Mykorrhizen von den Blättern her zugeleitet werden . . . .«. Diese Ansicht würde mit der von mir oben beschriebenen Absorption der Stärke durch den Pilz völlig übereinstimmen.

Ziemlich häufig findet man bei Actaea spicata die Wurzelhaare von einem oder mehreren Hyphenfäden durchzogen. An einer Stelle sah ich ziemlich nahe der Spitze eines Haares einen

[1]) Stahl, l. c. p. 618.

Pilzfaden die Wand durchbrechen und nach aussen ragen. An anderen Stellen konnte ich auch die Wachstumsrichtung dieser Hyphen feststellen, indem ich deren Ende im unverletzten Wurzelhaar bemerkte, woraus klar hervorgeht, dass diese in centrifugaler Richtung wachsen und nicht durch die Wurzelhaare in das Gewebe der Pflanze eingedrungen waren. Dieselbe Erscheinung zeigte sich auch bei Polygonatum verticillatum und sehr häufig bei Mercurialis perennis.

Bei Polygonatum verticillatum finden sich in der subepidermalen Exodermis in sehr schöner Ausbildung die bei Monocotyledonen so häufig auftretenden, zwischen gestreckten Zellen liegenden, kubischen Durchlasszellen[1]). Der Wurzelpilz, der sich sonst wie gewöhnlich auch im ganzen übrigen Wurzelgewebe ausserhalb des Centralcylinders verbreitet, fehlt besonders in diesen fast nie. Unter den Dicotyledonen werden die Durchlasszellen schon von Haberlandt bei Hedera und Lamium erwähnt; ich fand sie auch bei Lysimachia nemorum.

## 2. Assimilation und Transpiration.

### a) Morphologie der Blätter.

Die Blätter der Buchenpflanzen tragen in ihrer morphologischen Ausbildung im allgemeinen den Charakter der Schattenblätter. Schon bei den Gräsern und Cyperaceen des Buchenwaldes ist gegenüber ihren Verwandten aus sonnenliebenden Formationen eine deutliche Verbreiterung der Blattspreite zu erkennen. Dasselbe kann man bei Allium ursinum, Lilium Martagon, Scilla bifolia und den meisten Dicotyledonen beobachten, wenn man die Arten sonniger Standorte mit diesen in Vergleich stellt. Dieser Vergrösserung der Blätter der Buchenpflanzen geht eine zartere Consistenz parallel. Bei den Arten aber, deren Spreiten, obwohl im Vergleich mit verwandten Arten immer noch breit, mit den übrigen Buchenpflanzen verglichen, schmal erscheinen, wie Asperula odorata und Galium Schultesii, wird durch die reichliche Anzahl der assimilierenden Spreiten eine im Verhältnis zur Grösse der Pflanze hin-

[1]) G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. 2. Auflage. Leipzig 1896. p. 194.

reichende Assimilations- und Verdunstungsfläche geschaffen. Auch ist es augenscheinlich, dass die beiden genannten Pflanzen mit ihren dünnen, ziemlich oberflächlich hinkriechenden Rhizomen im Herbst viel weniger Reservestoffe zu speichern brauchen als Pflanzen mit tiefgehendem, fleischigem Wurzelstock.

Wie die Blätter der Buchenwaldpflanzen als Schattenpflanzen in der Verbreiterung und zarteren Consistenz ihrer Spreiten sich den Pflanzen feuchter, tropischer Gegenden nähern, so auch in Einrichtungen, die zur Vermeidung aller durch Regengüsse entstehenden Gefahren beitragen. In beider Hinsicht freilich sind unsere heimischen Pflanzen nur ein mattes Abbild der tropischen Vegetation.

Wenn auch bei uns Regengüsse nicht mit der Gewalt niedergehen wie in den Tropen, so ist doch der Buchenwald ein Ort, der zur Verstärkung der mechanischen Wirkung des Regens beiträgt. Das meist dichte Laubdach hält zwar den Regen eine Zeitlang auf, doch fliesst er an den Zweigen und Blättern zu grossen Tropfen zusammen, die dann in den windstillen Räumen des Buchenwaldes mit erhöhter Gewalt auf die niedere Vegetation herabfallen. Selbst ein ganz feiner Regen kann, wenn er lange genug anhält, auf diese Weise eine mechanische verheerende Wirkung erlangen.

Dass die Zerschlitzung der Spreiten, zumal bei zarten Blättern, wie es die Schattenblätter sind, eine Schutzvorrichtung gegen das Zerreissen durch Regen darstellt, ist eine schon öfter, besonders durch Stahl[1]) hervorgehobene Thatsache. So finden wir denn auch in der Buchenwaldflora eine ganze Anzahl von Pflanzen mit gelappten oder zusammengesetzten Blättern. Bei Anemone Hepatica und transsylvanica wie bei Cardamine trifolia ist die Spreite mehr oder weniger tief dreilappig; bei Oxalis Acetosella zusammengesetzt dreiteilig. Handförmig gelappte Blätter zeigen Astrantia major, Sanicula europaea und Hacquetia Epipactis; cymös verzweigte Spreiten Helleborus purpurascens und Geranium phaeum.

[1]) E. Stahl, Regenfall und Blattgestalt. Annales du Jardin botanique de Buitenzorg. vol. XI (1893). p. 152.

Ranunculus lanuginosus trägt am Grunde handförmig geteilte, oben dreiteilige Blätter. Noch hochgradiger zerteilt sind die Spreiten bei Actaea spicata, Aquilegia vulgaris, Corydalis cava, Cardamine Impatiens und silvatica, Lathyrus vernus und Vicia silvatica.

Breite und ungegliederte Blattspreiten, die dann auch eine festere Consistenz besitzen, gelangen nur bei den Buchenwaldpflanzen zur Ausbildung, welche ihre Vegetationsdauer auf wenige Wochen im Frühjahr beschränken, wie Arum maculatum, Symphytum tuberosum und cordatum; ferner bei solchen, deren Blätter eine immergrüne Beschaffenheit annehmen, wie bei Hedera Helix, Ilex Aquifolium und Vinca minor.

Verschiedene Ausbildung der Grund- und Stengelblätter, die demselben Zwecke wie die Zerschlitzung dient, findet sich z. B. bei Ranunculus lanuginosus und R. cassubicus und bei den meisten Buchenwaldcruciferen. Auch die schon von Irmisch [1]) beschriebene Umwendung der Blattspreiten von Allium ursinum deutet Stahl [2]) als Mittel zur Schwächung der Wirkung des Regenanpralls.

Zur schnelleren Ableitung des Regens und damit zur Entlastung der Pflanze und zur Förderung des Transpirationsprozesses dienen verschiedene Einrichtungen, die auch bei den Buchenwaldpflanzen zur Ausbildung gelangen. Die meisten leicht benetzbaren Blätter entwickeln eine Träufelspitze, wie Sambucus nigra, Lathyrus vernus, Stellaria nemorum, Veronica montana, Lamium Galeobdolon und die Dentaria-Arten, ähnlich auch Acer pseudoplatanus.

Bei den genannten Pflanzen wird das Wasser über die Blattspitze hinweg in basifugaler Richtung geleitet.

Basipetal erfolgt die Ableitung des Wassers bei einigen Pflanzen mit schräg aufrecht stehenden Blättern, wie bei Lilium Martagon, Asperula odorata, Galium Schultesii. Hier muss auch eine Einrichtung Erwähnung finden,

---

[1]) Th. Irmisch, Zur Morphologie der monokotylen Knollen- und Zwiebelgewächse. Berlin 1850. p. 1 u. ff.

[2]) l. c. p. 152.

die an den Blättern von Polygonatum verticillatum constant wiederkehrte, und welche neben der mechanischen Festigung des Blattes sicher auch zur Fortführung des Wassers dient. Es sind Cuticularleisten, welche an der ganzen Oberfläche des Blattes kammartig auf den einzelnen langgestreckten Epidermiszellen aufsitzen. Durchschneidet man ein Blatt quer, so treten diese Leisten in Gestalt kleiner papillenartiger Ausstülpungen hervor, in welche das Lumen der betreffenden Epidermiszelle spitz hineinragt; dabei kann eine Zelle eines, seltener mehrere solcher Gebilde tragen. Über die Natur derselben als stark vorspringende Cuticularleisten bringt freilich erst ein Flächenschnitt die erforderliche Aufklärung; denn auf den ersten Blick liefert der Querschnitt Bilder, welche lebhaft erinnern an die Figuren, die Haberlandt[1]) von den wasserausscheidenden Haaren giebt.

### b) Ausbildung des Assimilationsgewebes.

Es ist eine besonders von Stahl[2]) näher begründete Thatsache, dass die Lichtverhältnisse des Standorts einer Pflanze auf ihr Assimilationsgewebe einen modifizierenden Einfluss ausüben. Stahl untersuchte Pflanzen derselben Spezies, aber von verschiedenen, sonnigen und schattigen, Standorten, ferner Blätter desselben Individuums, die einer verschiedenen Beleuchtung ausgesetzt waren, und Pick[3]) machte den Versuch, an ein und demselben Blatte die Wirkung lokalisierter Besonnung und Beschattung zu konstatieren indem er die eine Hälfte des Blattes künstlich verdunkelte In allen Fällen zeigten sich bedeutende Unterschiede zwischen Sonnen- und Schattenblättern derart, dass stärkere Beleuchtung die Ausbildung von Palissadenparenchym, schwächere die von Schwammparenchym begünstigte.

---

[1]) l. c p. 418, Fig. 173.

[2]) E. Stahl, Über den Einfluss der Lichtintensität auf Struktur und Anordnung des Assimilationsparenchyms. Bot. Zeit. 1880. — Über den Einfluss des sonnigen und schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Jenaische Zeitschr f. Naturwissensch. 1883.

[3]) H. Pick, Über den Einfluss des Lichtes auf die Gestalt und Orientierung der Zellen des Assimilationsgewebes. Bot. Centralblatt XI. Bd. (1882). p. 400.

Man wird also von vornherein bei Schattenpflanzen, wie es die Buchenbegleiter sind, ein Zurücktreten des Palissadengewebes und ein Vorwiegen des Schwammparenchyms erwarten dürfen; und in der That zeigt sich auch, je nachdem eine Pflanze die helleren Waldränder und sonst lichtere Stellen oder aber den tiefen Schatten des inneren Buchenwaldes liebt, eine allmähliche Veränderung des typischen Palissadengewebes. Palissadenzellen, deren Länge ihren Querdurchmesser um das Dreifache übertrifft, kommen kaum noch vor. Bei Arum maculatum, Asperula odorata, Circaea lutetiana, Geranium phaeum, in etwas weniger scharf ausgeprägter Form auch bei Lamium Galeobdolon und Hacquetia Epipactis liegt unter der Epidermis eine Schicht von senkrecht zur Blattfläche stehenden Zellen, die anderthalb bis zweieinhalb mal so lang als breit sind. Abgesehen von der starken Verkürzung kann man bei diesen Zellen auch eine grössere oder geringere Neigung zur Zuspitzung am unteren Ende, d. h. zur Trichterform erkennen. Typische Trichterzellen, die mit ihrem weiteren Ende der Epidermis zugekehrt sind und etwa die Länge vom Durchmesser dieses oberen Endes haben, finden sich bei Oxalis Acetosella.

Die grösste Zahl der untersuchten Pflanzen zeigte auf Blattquerschnitten unter der Epidermis eine Lage von isodiametrischen, mehr oder weniger abgerundeten oder der Trichterform sich nähernden Zellen, die sich von den darunter liegenden Schwammparenchymzellen oft nur durch das Zurücktreten der Interzellularen und den höheren Chlorophyllgehalt auszeichneten. Schon bei Lilium Martagon und noch mehr bei Polygonatum verticillatum geht diese Form hier und da in eine abgeplattete über, und Cephalanthera alba zeigt auf dem Blattquerschnitt in der obersten Schicht des Mesophylls nur parallel zur Blattfläche stark gestreckte Zellen, die den darunterliegenden Zellen des Schwammparenchyms genau gleichen, wozu noch eine gleichmässige Verteilung des Chlorophylls durch das ganze Blattgewebe kommt. Flächenansichten lehren, dass die oberste und die unterste Zellschicht des Mesophylls ganz gleich, nämlich stark gebuchtet ist.

Sucht man die Ausbildung des Assimilationsgewebes bei Cephalanthera alba unter einen der von Haberlandt[1]) aufgestellten Typen zu bringen, so stellt sie sich als eine Modification des Gladiolus-Typus dar: die assimilierenden Zellen sind senkrecht zu den Ableitungsbahnen gestreckt und übermitteln die Assimilate direkt den Parenchymscheiden. Auch bei Cephalanthera alba besitzen die ausgebuchteten Zellen eine deutliche Streckung senkrecht zu den Blattrippen; und in den seitlichen Ausbuchtungen eben besteht die Modification welche die Vollkommenheit des Typus auf Kosten der Anpassung an die Beleuchtung verringert.

Das Schwammparenchym wird von zwei bis vier, sehr selten mehr Zellschichten gebildet, die fast immer bis zur untersten reichlich Chlorophyll enthalten. Bei allen untersuchten Pflanzen war das Lakunensystem gut ausgebildet und mündete fast immer mit sehr weiten Atemhöhlen in die Spaltöffnungen. Aquilegia vulgaris und Hedera Helix führen so grosse Interzellularräume, dass Querschnittsbilder ihrer Blätter lebhaft an solche von Wasserpflanzen erinnern.

Soeben wurde der reiche Chlorophyllgehalt der Blätter vieler Buchenpflanzen erwähnt. Es ist wohl zweifellos, dass auch diese Einrichtung zur Erhöhung der Assimilationsenergie die Wirkung der ungünstigen Beleuchtung selbst im noch ganz kahlen Buchenwalde ist. Doch dürfte noch ein anderer Umstand ins Gewicht fallen, nämlich die Ausnutzung der bei den Buchenwaldpflanzen häufig so kurzen Vegetationsperiode. Nur die Kraft der Frühjahrssonne während weniger Wochen kommt für die ganze Assimilationsarbeit vieler Pflanzen in Betracht. Wenn das dichte Laubdach später seinen tiefen Schatten auf den Waldboden wirft, zeigen nur noch relativ wenige Pflanzen ihre oberirdischen Organe in Lebensthätigkeit. Arum maculatum trägt dann nur noch die reifen roten Beeren an gelben, halb abgestorbenen Achsen Allium ursinum, Scilla

[1]) Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie. 2. Auflage. Leipzig 1896, p. 243.

bifolia, Corydalis cava und die Dentarien sind längst verschwunden, und von Symphytum tuberosum und S. cordatum sind nur noch Strünke mit hinwelkenden, entfärbten, durchlöcherten Blättern übrig geblieben. Kaum länger hält sich Polygonatum, und Lilium Martagon, Cardamine Impatiens und C. silvatica geben an ihren verholzten Stengeln noch eine Zeitlang die Samen in ihren reifen Schoten einer geringen Luftströmung oder einem vorbeistreifenden Tiere zum Ausstreuen preis.

In dieser kurzen Vegetationszeit sollen die Samen reifen und die oft ansehnlichen Mengen von Reservestoffen für die Speicherung in den unterirdisch perennierenden Organen der Pflanze bereitet werden. Auch von diesem Gesichtspunkte aus lässt sich die bereits oben erwähnte Verbreiterung der assimilierenden Spreiten bei den Buchenwaldpflanzen erklären. Doch erreichen sie auch durch die reichlichere Ausbildung von Chlorophyll eine grössere assimilierende Energie. In dieser Beziehung treten sie in Analogie zu den Alpenpflanzen, welche die Kürze der Vegetationsperiode durch eine entschiedene Förderung des Assimilationsgewebes möglichst ausnützen.[1]) Dass es sich hier, bei den Alpenpflanzen, aber um typische Palissaden handelt, wird durch den Einfluss des Lichtes verständlich.

### c) Transpirationsschutz und Transpirationsbeförderung.

Auffallende Einrichtungen zum Schutz gegen übermässigen Wasserverlust wird man von vornherein bei den Buchenwaldpflanzen nicht erwarten dürfen. Die die Transpiration besonders fördernden Faktoren, Insolation und trockene Winde, kommen für sie nicht in Betracht, und der Boden enthält Feuchtigkeit genug, um

---

[1]) Bonnier, Cultures expérimentales dans les hautes altitudes. Und Influence des hautes altitudes sur les fonctions des végétaux. Comptes rend. de l'Acad. d. scienc. Paris 1899. Étude expérimentale sur l'influance du climat alpin sur la végétation et les fonction des plantes. Bull. de la soc. bot. de France. 1888. p. 436. A. Wagner, Zur Kenntnis des Blattbaues der Alpenpflanzen und dessen biologischer Bedeutung. Sitzungsberichte der K. K. Akad. d. Wissensch. Wien. Math.-natw. Cl. 101. Bd. p. 487.

den Wasserverlust jederzeit zu decken. Demgemäss gestaltet sich auch die Ausbildung des Hautgewebes, dessen eine Hauptfunktion ja der Abschluss der inneren pflanzlichen Gewebe von der Atmosphäre und damit die Regelung der Transpiration ist. Ein hypodermales Wassergewebe oder wasseraufnehmende Haare lassen sich nirgends nachweisen. Bei den von mir nicht untersuchten immergrünen Blättern von Ilex Aquifolium, welche die helleren Standorte des Buchenwaldes bevorzugt, wird von Stahl [1]) ein solches angegeben, bei Sonnenblättern mehr, bei Schattenblättern weniger ausgebildet. Die Epidermis selbst zeigt, was das Blatt angeht, in keinem Falle eine erhebliche Verdickung der Aussenwand und niemals Ein- oder Auflagerungen von Wachs oder fettartigen Substanzen. Bei Actaea spicata, Asperula odorata, Cardamine Impatiens und anderen erscheint die Verdickung überhaupt kaum merklich. Aussergewöhnliche Höhe erreicht die Epidermis nur bei Oxalis Acetosella und Lactuca muralis, wo Ober- und Unterseite zusammen fast zwei Drittel der ganzen Blattdicke ausmachen. Bei Anemone Hepatica und einigen anderen hat sie einen mehr oder weniger reichlichen Chlorophyllgehalt aufzuweisen. Haarbildungen in verschiedenartiger Ausbildung treten zwar bei vielen Buchenpflanzen in die Erscheinung, aber in so spärlichem Masse, dass ihnen ein besonderer Transpirationsschutz gar nicht zugeschrieben werden kann. Eine ziemlich reichliche Behaarung der vegetativen Teile besitzt eigentlich nur Ranunculus lanuginosus; Anemone Hepatica und A. transsylvanica zeigen eine starke Behaarung ihrer jüngsten Triebe. Wenn man auch für den letzteren Fall, in dem es sich um zeitige Frühjahrsblüher handelt, die ihre Blumen schon in den ersten sonnigen Märztagen entwickeln, die Erklärung der Haarbekleidung als Transpirationsschutz zulassen könnte, weil die niedrige Temperatur des Erdbodens die absorbierende Thätigkeit der Wurzeln vielfach noch lähmt, so wird eine solche Deutung für das immerhin verhältnismässig noch dünne Indument von Ranunculus lanuginosus völlig illusorisch, zumal da die Pflanze erst später ihre oberirdischen

[1]) E. Stahl, Über den Einfluss des sonnigen und schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Jenaische Zeitschr. f. Naturwissensch. 1883. p. 176.

Organe entwickelt. Auch aus der anatomischen Beschaffenheit der Haare selbst ist eine Erklärung nicht gut möglich.

Drüsenhaare fand ich bei Geranium phaeum auf der Blattober- und Unterseite, auf letzterer zahlreicher. Hier wie bei Veronica montana, wo Drüsenhaare in demselben Verhältnis der Verteilung auf Blattober- und Unterseite vorkommen, dürften sie wohl einen ererbten Familiencharakter darstellen, da auch sonst in den Familien der Geraniaceen [1]) und Scrophulariaceen [2]) Drüsenhaare häufig auftreten.

Den besonders an den Blattrippen und zuweilen an den Blatträndern einiger Monocotyledonen (Milium effusum, Festuca silvatica, Polygonatum verticillatum) stehenden, hakig gebogenen Haaren kommt wohl eine Beziehung zum Standort nicht zu.

Spaltöffnungen sind bei allen Buchenwaldpflanzen sehr reichlich vorhanden. Sechs von 34 daraufhin untersuchten Pflanzen, also mehr als 20 Prozent, hatten auch auf der Blattoberseite solche aufzuweisen; Asarum europaeum, Cardamine Impatiens und Circaea lutetiana zwar nur spärlich, häufig dagegen Arum maculatum, Anemone Hepatica und Milium effusum.

Auf der Blattunterseite zählte ich auf 1 qmm Spaltöffnungen bei

Lilium Martagon 90,
Cephalanthera alba 161,
Asarum europaeum 172,
Ranunculus lanuginosus 207,
Lamium Galeobdolon 230,
Asperula odorata 252,
Cardarmine impatiens 276,
Dentaria bulbifera 276,
Hedera Helix 345,
Sanicula europaea 505,
Mercurialis perennis 630.

Diesen wechselnden Zahlen geht im allgemeinen umgekehrt proportional eine wechselnde Grösse der Spaltöffnung,

[1]) Stephan Brunies, Anatomie der Geraniceenblätter. Diss. Breslau 1900. p. 17.

[1]) Solereder, Systemat. Anatomie. Stuttgart 1889. p. 659.

die bei Mercurialis perennis und Sanicula europaea sehr gering ist, bei Ranunculus lanuginosus, Cephalanthera alba und Lilium Martagon ihren Höhepunkt erreicht. Eine Einsenkung der Spaltöffnungen in die Epidermis ist nirgends zu beobachten.

Diesen Mangel jeglichen Transpirationsschutzes kann man andererseits schon als eine indirekte Transpirationsbeförderung ansehen. Sie reicht aber für sich allein noch nicht aus, um die durch die gegebenen Standortsverhältnisse so herabgesetzte Wasserströmung für die Buchenwaldpflanze auf das normale Mass zu heben. Die Verminderung der Wasserabgabe an die Atmosphäre wird bedingt durch die unter den dichten Laubdach herrschende Feuchtigkeit der Luft zusammen mit dem Fehlen jeder Besonnung und Luftströmung. Deshalb sind auch mannigfache Einrichtungen zur Erhöhung der Transpiration an den Buchenwaldpflanzen zu beobachten. Die Spreiten der Blätter sind flächenartig ausgebreitet und dünn, höchstens 7 bis 8 Zelllagen dick. Es wird dadurch die bei der schwachen Ausbildung der Cuticularlamelle an sich schon erleichterte cuticulare Verdunstung noch bedeutend erhöht.

Die bereits erwähnte reichliche Ausbildung des Lakunensystems im Blatt der Buchenpflanzen ist ein weiteres wirksames Mittel zur Erhöhung ihrer Transpiration. Und diese Deutung der Thatsache dürfte für sich allein ausreichend sein, obgleich sie Volkens[1]) energisch bekämpft. Die von diesem Forscher so besonders betonte Bedeutung der Intercellularen für die Assimilationsthätigkeit der Pflanze scheint mir doch sehr überschätzt zu sein. Denn wir sehen ja doch ganz allgemein — was Volkens nicht leugnet —, dass die viel stärker assimilierenden Sonnenpflanzen viel weniger Interstitien besitzen. Sein zur Erklärung herangezogener Vergleich der Palissadenzellen mit einem Chemiker, der eine hohe Kraftquelle zur Verfügung

[1]) Volkens, Die Flora der ägyptisch-arabischen Wüste. Berlin 1887. p. 73.

hat, und seine Ausführungen über das beim Schwammparenchym zur Anwendung kommende Princip der Massenwirkung ist wohl etwas weit hergeholt. Wollte man auch zugeben, dass enge Interzellularen ausreichend sind, der ziemlich starken Assimilationsthätigkeit eines Palissadengewebes die nötige Kohlensäure zuzuführen, so würden sie immerhin ihre Funktion weniger vollkommen verrichten können als weite Interzellularen, und wir würden es nicht begreifen können, dass ihre Verengerung bei stark assimilierenden Sonnenblättern Platz greife, um die Zufuhr von Kohlensäure zu »heben«.

Eine weitere Einrichtung zur Förderung der Transpiration durch die Buchenpflanzen ist die Verhinderung der Konzentration des Zellsaftes in den assimilierenden Zellen. Zu diesem Zwecke werden die Assimilate bis zu ihrer Fortführung nach den Stellen des Verbrauchs in unlösliche Form übergeführt. Stahl[1]) unterscheidet hiernach Pflanzen mit zuckerführenden Blättern (saccharophylle Pflanzen), und solche mit stärkeführenden Blättern (amylophylle Pflanzen). Fast alle Buchenwaldpflanzen nun gehören zu den letzteren. Nach Anwendung der Sachsschen Jodprobe fand ich besonders viel Stärke in den Blättern von Anemone Hepatica, Helleborus purpurascens, Asarum europaeum, Oxalis Acetosella, Mercurialis perennis und Hedera Helix; nicht eine Spur dagegen zeigte sich bei Milium effusum, Arum maculatum, das auch Stahl schon zu den saccharophyllen Pflanzen rechnet, und Allium ursinum. Bei Luzula silvatica, Cypripedium Calceolus, auch von Stahl als amylophyll angegeben, Actaea spicata, Aquilegia vulgaris, Ranunculus lanuginosus, Lathyrus vernus, Geranium phaeum, Viola silvatica, Primula elatior, Lamium Galeobdolon, Asperula odorata und Vinca minor war bald mehr, bald weniger, aber immer noch deutlich Blaufärbung eingetreten[2]).

---

[1]) E Stahl, Der Sinn der Mykorrhizenbildung. p. 557.

[1]) Der Anregung Stahls, zu untersuchen, ob Amylophyllie und Saccharophyllie direkte Anpassungen an den Standort oder mehr ererbte Familiencharaktere seien, konnte ich hier nicht folgen; erst eine Vergleichung der angeführten Pflanzen mit ihren Verwandten aus anderen Formationen kann zu einer Entscheidung darüber führen.

Als besonderen Transpirationsersatz teilen die Buchenwaldpflanzen mit vielen anderen Pflanzen Vorrichtungen zur Ausscheidung liquiden Wassers bei stark gehinderter oder unterdrückter Transpiration[1]). Es zeigen sich auch in diesem Punkte wohl Unterschiede zwischen Sonnen- und Schattenpflanzen, wie auch schon aus der Bemerkung von Volkens[2]) hervorgeht, dass Exemplare von Solanum nigrum, die einem trockenen, sandigen Boden entnommen waren, weder durch eine angeschwollene Nervenendigung, noch durch besondere Wasserspalten auf eine Wasserausscheidung hinwiesen, andere dagegen von einer nassen Wiese grosse Wasserspalten zeigten. Eine etwa ganz besonders hervortretende Ausbildung solcher Einrichtungen bei den Buchenpflanzen lässt sich aber nicht entdecken. In der Litteratur[3]) werden unter den hier in Betracht kommenden Pflanzen als wasserausscheidend oder Wasserspalten tragend folgende genannt: Cypripedium Calceolus, *Actaea spicata, *Ranunculus lanuginosus, *Aquilegia vulgaris, *Oxalis Acetosella, *Mercurialis perennis, *Astrantia major, *Sanicula europaea, *Circaea alpina, Vinca minor, Ribes alpinum und R. Grossularia, *Asperula odorata und Lactuca muralis. Für die mit einem * bezeichneten Pflanzen kann ich die älteren Angaben bestätigen. Ferner fand ich selbst noch Wasserspalten, die durch ihre Lage und Ausbildung als solche gelten müssen, auf der Oberseite der Blattzähne von Helleborus purpurascens, Corydalis cava und Hacquetia Epipactis. Bei letzteren beiden beobachtete ich am frühen Morgen in der That auch Wasserausscheidungen in Tropfenform. Stahl giebt Wasserausscheidung an bei Cypripedium Calceolus, Allium ursinum, wo ich sie wiederholt

---

[1]) Wieler, Das Bluten der Pflanzen. Cohns Beiträge zur Biologie der Pflanzen. VI. Bd. p. 16.

[2]) Volkens, Über Wasserausscheidung in liquider Form an den Blättern höherer Planzen. Jahrb. d. Königl. bot. Gartens u. d. bot. Museums, Berlin. II. Bd. p. 203.

[3]) Volkens, l. c. — Wieler, l. c. — A. Nestler, Kritische Untersuchungen über die sogenannten Wasserspalten. Nova Acta d. K. Leop. Carol. Deutschen Akad. d. Naturforsch. LXIV. Bd. Halle 1894; Derselbe, Untersuchung über die Ausscheidung von Wassertropfen an den Blättern. Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch. Mathem.-naturw. Kl. CV. Bd., I. Abt. Wien 1896.

vergeblich gesucht, den Cruciferen und Sambucus nigra. Keine Ausscheidung fand er bei Arum maculatum und Cephalanthera alba.

Endlich sei noch erwähnt, dass auch die früher in verschiedenem Sinne gedeuteten Schildhaare in den Blatthöhlen von Lathraea squamaria in neuerer Zeit von Goebel[1]) als wasserabscheidende Organe gedeutet worden sind.

## 3. Fortpflanzung und Lebensdauer; Verbreitungsmittel der Buchenwaldpflanzen.

### a) Bestäubung und Samenbildung.

In der Buchenflora treten anemophile Formen sehr stark zurück. Nur die wenigen Gramineen und Cyperaceen, ausserdem Luzula silvatica und Mercurialis perennis sind auf Bestäubung durch den Wind angewiesen. Der Buchenwald mit seinen windstillen Räumen ist ja auch durchaus ungeeignet, diese Art der Bestäubung zu befördern. Bei den Gramineen, Cyperaceen und der Gattung Luzula bildet die Windblütigkeit offenbar einen ererbten Charakter. Man sieht ja aber auch, dass von diesen formenreichen Gruppen nur sehr wenige Arten in den Buchenwald eintreten, und von den Gramineen gerade solche, bei denen der locker-rispige Bau der Inflorescenz durch Pollenfall sicher Geitonogamie ermöglicht, die übrigens nach Kerner[2]) auch bei Lathraea squamaria gegen Ende der Blütezeit eintritt. Mercurialis perennis aber bevorzugt unverkennbar den Waldrand, wo eine zum Ausstreuen des Pollens genügende Luftströmung noch vorhanden ist.

Die grosse übrige Menge der Buchenbegleiter ist entomophil. Betrachtet man aber die Insekten, welche die Bestäubung vermitteln, so fällt die geringe Beteiligung der Schmetterlinge auf. Es giebt deren eben nicht viele im Buchenwalde; und wenn auch der Waldrand mit den angrenzenden Feldern und Wiesen oder lichte Waldstellen einen Tummelplatz für Schmetterlinge bilden, so kann man doch leicht die

[1]) K. Goebel, Über die biologische Bedeutung der Blatthöhlen bei Tozzia und Lathraea. Flora, 83. Bd. (1897). p. 444.

[2]) Kerner, Pflanzenleben. 2. Aufl. II. Bd. Leipzig und Wien 1898. p. 300.

Wahrnehmung machen, dass Falter, vielleicht mit Ausnahme der Spanner, nur wenig tief in den Wald selbst eindringen. Dem entspricht auch die Thatsache, dass wohl keine der Buchenpflanzen nach Bau ihrer Blüten und Bergung des Honigs notwendig auf Schmetterlinge angewiesen ist. Bei Lilium Martagon vermögen sicher auch Bienen und besonders Hummeln die Bestäubung zu vollziehen. In die Blumen von Dentaria enneaphyllos sah Schulz Fliegen und Käfer hineinkriechen[1]). Im Falle ausbleibender Fremdbestäubung ist übrigens bei beiden genannten Pflanzen spontane Selbstbestäubung möglich, deren Erfolg bei ersterer schon durch Sprengel[2]) nachgewiesen wurde.

Abgesehen von einigen typischen Hummel- und Bienenblumen, wie Aquilegia vulgaris, Corydalis cava, Lathyrus vernus und Lathraea squamaria zeigen alle übrigen Buchenpflanzen eine solche Ausbildung der Blüte, dass sie besondere Anpassungen an bestimmte Insekten nicht aufzuweisen haben. Dementsprechend ist bei sehr vielen Pflanzen der Honig überhaupt nicht oder höchstens halb geborgen. Die wenigen Arten, welche ihn tief bergen, wie Allium ursinum, Ribes Grossularia, Daphne Mezereum, Primula elatior, Symphytum, verlangen allerdings mehr als die anderen den Besuch von Bienen und Hummeln. Sie blühen aber zum allergrössten Teil in so früher Jahreszeit, dass Bienen sie aus Mangel an anderweitiger Nahrung massenhaft besuchen.

Eine Reihe von Pflanzen, welche reine Pollenblumen trägt, lockt dagegen hauptsächlich pollenfressende Käfer und Fliegen, besonders Schwebfliegen an, ohne jedoch Bienen und Schmetterlinge ganz auszuschliessen. Dazu gehören Actaea spicata, die vielleicht schon jetzt von Entomophilie zu Windbestäubung, ähnlich wie Thalictrum, zurückkehrt, Anemone Hepatica, Lysimachia nemorum, Sambucus nigra.

Dass bei ausbleibender Fremdbestäubung wirksame Selbstbestäubung eintritt, ist eine im Pflanzenreich weit verbreitete, aber sicher lange

[1]) Knuth, Handbuch der Blütenbiologie. Leipzig 1899. II. Bd. 1. Teil. p. 92.

[2]) Christian Konrad Sprengel, Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen. Berlin 1793. p. 187.

nicht genügend gewürdigte Erscheinung. Dennoch dürften wir berechtigt sein, ihr für unsere Formation eine höhere Bedeutung beizulegen, wenn wir sehen, dass unter den vier Angehörigen einer Familie, die wie die Orchideen fast ausschliesslich an Insektenbestäubung angepasst ist, bei zwei Formen spontane Selbstbestäubung eintreten kann, nämlich bei Cephalanthera alba und Neottia nidus avis; rechnet man dazu die im Buchenwalde häufig auftretenden Epipactis-Arten, so ergiebt sich aus der genannten Familie eine immerhin stattliche Zahl von Gliedern, die vom normalen Verhalten abweicht Dazu kommt, dass bei Cephalanthera und Epipactis Selbstbestäubung die Regel bildet[1]).

### b) Lebensdauer und vegetative Vermehrung.

Nach dem vorangehenden Kapitel wird es leicht verständlich werden, dass im Buchenwalde nur solche Pflanzen dauernd ihr Fortkommen finden, welche bei ausbleibender Bestäubung und mangelndem Fruchtansatz die Existenz des Individuums durch Mehrjährigkeit gewährleisten. Nur zwei Arten beschränken ihre Vegetationsdauer zuweilen auf ein Jahr, sind aber häufiger zweijährig, nämlich Cardamine silvatica und C. Impatiens. Ebenso wird für Neottia nidus avis angegeben, dass sie auch zweijährig vegetiert, doch dürfte dies die Ausnahme bilden. Durch kriechende, zerbrechliche Stämmchen dauert Stellaria nemorum[2]) aus. Die meisten anderen Pflanzen dagegen perennieren unter der Erde, und ihre unterirdischen Vegetationsorgane gehören zu den zuerst von Wittrock mit einem gemeinsamen Namen als »Erdstämme« bezeichneten Bildungen, welche in vorzüglicher Weise geeignet sind, am Ende einer jeden Vegetationsperiode so viel Reservestoffe zu speichern, dass die Pflanze im nächsten Frühjahr die ersten oberirdischen Organe daraus bilden kann. Zwiebeln (Lilium Martagon, Allium ursinum, Scilla bifolia), Knollen (Arum maculatum, Corydalis cava, Symphytum tuberosum) und besonders häufig Rhizome treten auf.

---

[1]) Knuth, l. c. II. Bd., 2. Teil, p. 447, 451.

[2]) L. Celakovsky, Prodromus der Flora von Böhmen. Prag 1867. p. 499. — Ähnlich verhält sich Stellaria Holostea.

Vegetative Vermehrung durch besonders ausgebildete Vermehrungssprosse findet in der Buchenflora nicht allzu häufig statt. Lange Stolonen entwickeln Milium effusum und Melica uniflora. Von den Dicotyledonen besitzen Ausläufer Oxalis Acetosella, Lamium Galeobdolon, Veronica montana und Galium Schultesii. Die Fähigkeit, sich durch Samen zu vermehren, scheint im Schwinden und durch Vermehrungssprosse ersetzt zu werden bei Dentaria bulbifera. Ich selbst habe im Waldenburger Gebirge, wo die Pflanze stellenweise massenhaft vorkommt, keinen einzigen Fruchtansatz gesehen. Nach Celakovsky[1]) gilt dasselbe für Böhmen. Ascherson und Knuth[2]) geben an, dass Früchte selten sind, und letzterer hat auch nie Insekten an den Blüten beobachtet.

Da zwischen der Lebensdauer und den mechanischen Elementen eines Pflanzenkörpers im allgemeinen wesentliche Beziehungen bestehen, so mögen hier einige Bemerkungen über das mechanische System der Buchenwaldpflanzen einen Platz finden. Auch bei diesen bestehen solche Beziehungen insofern, als einer kurzen Vegetationsdauer ein im allgemeinen nur schwach entwickeltes mechanisches System parallel geht. Wie sehr jedoch im einzelnen die Ausbildung des letzteren auch von anderen Faktoren abhängt, zeigt die Vergleichung zweier Pflanzen, welche man, was das mechanische System angeht, fast als die Extreme der Reihe der untersuchten Typen hinstellen könnte. Dentaria bulbifera mit einem starken Skelett ist im Sommer bereits dahingewelkt, während Lysimachia nemorum mit ihrem schwachen Epidermispanzer sich bis zum Herbste frisch erhält.

Gegenüber der Blattepidermis, die häufig nur kaum merkbar verdickt erscheint, übernimmt an den Blattstielen und Stengeln die Epidermis eine stützende Funktion dadurch, dass sie an der Aussen- und Innenwand und mehr oder weniger auch an den Seitenwänden oft sehr stark verdickt ist. In den Blattstielen von Allium ursinum bildet sie so die einzigen mechanischen Elemente; ebenso in den Stengeln von Lysi-

[1]) Celakovsky, Prodromus d. Flora v. Böhmen. Prag 1867. p. 448.

[2]) Knuth, Handbuch. II. Bd. 1. Teil. p. 92; Ascherson — Gräbner, l. c. p. 355.

machia nemorum, die ja wegen ihres kriechenden Wuchses auf dem Erdboden eines starken Skelettes nicht bedarf. Bei anderen wird die Wirkung der so verdickten Epidermis noch dadurch verstärkt, dass die unmittelbar unter ihr liegenden Zellen des Grundgewebes meist durch mehrere Schichten kollenchymatische Ausbildung erfahren. Bei Symphytum tuberosum, einer doch recht stattlichen Staude, waren dies überhaupt die einzigen mechanischen Elemente, die sich beobachten liessen. In anderen Fällen bleiben die subepidermalen Zellen unverdickt, aber eine mehr central gelegene Schicht bildet einen Collenchymcylinder um den ganzen Stengel, so bei Lilium Martagon. Manchmal sind die kollenchymatischen Partieen auf flügel- oder kammartige Leisten des Stengels lokalisiert oder treten doch dort in besonders massiger Ausbildung in die Erscheinung, wie bei Mercurialis perennis und an den drei Ecken des Blattstiels von Hacquetia Epipactis.

Bei einigen Arten wird neben diesen Einrichtungen eine Stützung des Pflanzenkörpers dadurch erreicht, dass sich die Gefässbündel, besonders in ihrem Holzteil, stark strecken und eng zu einem breiten Ringe zusammenschliessen. So ist es bei Asperula odorata, die noch einen schwachen Bastbelag um die Peripherie des Gefässbündelringes zeigt, und etwas weniger scharf bei Veronica montana. Eine sehr starke Ausbildung von sklerenchymatischen Elementen zeigen einige, die Waldränder bevorzugende, den Luftströmungen mehr ausgesetzte Pflanzen. Mercurialis perennis besitzt ausser dem schon erwähnten Collenchym einen sehr starken, nur durch die wenigen Gefässbündel unterbrochenen, dafür aber durch das Xylem ersetzten mechanischen Ring. Ähnliche Verhältnisse finden sich bei Dentaria bulbifera, wo ausserdem noch vor jeder Leptomgruppe aussen ein Belag von mechanischen Zellen liegt. Lathyrus vernus trägt das Stereom in umfangreichen, über Gefässbündeln liegenden, der Peripherie genäherten Gruppen, die durch weniger reichlich auftretende mechanische Zellen verbunden werden. Auch Lamium Galeobdolon, bei dem der gewöhnliche Typus der Labiaten ausgebildet ist, gehört hierher. Die Epidermis und die äussersten Zelllagen des Stengels sind schwach kollenchymatisch verdickt und die vier, etwas vorgezogenen Stengelecken vollständig

mit einem Collenchympolster erfüllt. Ausserdem läuft ein geschlossener sklerenchymatischer Ring um die Gefässbündel herum, die bis auf wenige in den Ecken zu starken Gefässbündelsträngen vereinigt sind, in denen auch die Xylemteile mechanisch wirken.

### c) Verbreitungsmittel der Früchte und Samen.

Ein Überblick über die Früchte und Samen der Buchenpflanzen zeigt in Übereinstimmung mit den Bestäubungsverhältnissen ein starkes Zurücktreten solcher Verbreitungsausrüstungen, die dem Winde angepasst sind. Ausser Lactuca muralis, deren Pappus aber zugleich der Verbreitung durch Tiere Vorschub leistet, finden wir nur die Früchte zweier Bäume (Acer pseudoplatanus und Tilia platyphyllos) mit Flugvorrichtungen versehen. Aber diese ragen auch in bewegtere Luftschichten hinein, und ausserdem sind wohl die Flügel an den Spaltfrüchten des Ahorns und das flügelartige Inflorescenzvorblatt der Linde weniger dazu da, eine weite Fortführung der Frucht durch den Wind zu begünstigen, als vielmehr durch ihre wirbelnde Bewegung deren Herabfallen im unmittelbarer Nähe des Mutterstammes zu verhindern.

Zu den auf Verbreitung ihrer Früchte oder Samen durch Wind angewiesenen Pflanzen sind auch die Vertreter einer charakteristischen Gruppe mit Kapselfrüchten zu rechnen. Während bei ihnen die Blüten mehr oder weniger hängend sind, richten sich zur Zeit der Fruchtreife die Stiele auf. An der Spitze springen die Kapseln auf, und die Samen liegen in ihnen wie in einem Becher, um vom Winde allmählich ausgeschüttelt zu werden. Aber auch hier vermag das Anstreifen eines Tieres oder der Schlag eines herabfallenden Zweiges einen Ersatz zu bieten; und er ist, wenn er eintritt, durch seine plötzliche Erschütterung jedenfalls wirksamer als die durch den Wind hervorgerufene Pendelbewegung (Lilium Martagon, Aquilegia vulgaris, Hypercum montanum, Primula elatior). In dieselbe biologische Gruppe gehören auch Symphytum tuberosum, S. cordatum und Myosotis silvatica; ferner Lamium Galeobdolon und L. cupreum, bei denen nicht die Samen, sondern die Früchte aus dem den Becher bildenden bleibenden Kelch geschüttet werden.

Oft er findet sich eine Ausrüstung zur Verbreitung durch Tiere. Hier fällt zunächst eine Reihe von fleischigen Früchten auf (Arum maculatum, Polygonatum verticillatum, Ribes alpinum und R. Grossularia, Ilex aquifolium, Daphne Mezereum, Hedera Helix, Sambucus nigra, Lonicera). Auch Evonymus verrucosus reiht sich hier an, dessen Kapseln bei der Reife aufspringen und die schwarzen Samen mit dem lebhaft rot gefärbten Arillus an einem Faden aus den Spalten heraushängen lassen. Einige Trockenfrüchte, wie die der Circaea-Arten, die von Sanicula europaea und Asperula odorata besitzen hakige Anhängsel der Fruchtschale, mit denen sie sich besonders im Pelz von Säugetieren festsetzen.

Merkwürdig ist die Verbreitung von Samen durch Ameisen, auf welche O. Kuntze zuerst aufmerksam gemacht hat. Kerner [1]) giebt sie u. a. von Asarum europaeum an. Hildebrand [2]) spricht von einer ausgedehnten Verbreitung der Samen von Cyclamen durch Ameisen und schreibt deren Anlockung einem besonderen Duft der reifen Samen zu. Ein Wegschleppen von Samen durch Ameisen habe ich zwar selbst nicht beobachtet, doch lassen z. B. Corydalis cava und Viola silvatica durch die starke Ausbildung der Nabelschwiele an ihren Samen auf eine derartige Verbreitung der Samen mit hoher Wahrscheinlichkeit schliessen.

Unter den übrigen Buchenbegleitern treten die Pflanzen mit Schleudereinrichtungen besonders hervor. Bei Oxalis Acetosella soll der Schleuderapparat von der Samenschale [3]), bei allen anderen von der Fruchtschale gebildet werden. Hierbei sollen entweder Turgescenzerscheinungen [4]) (Cardamine Impatiens, Dentaria enneaphyllos) eine Rolle spielen oder es sind Imbibitionsbewegungen infolge des Austrocknens [5]) (Lathyrus vernus, Mercurialis perennis, Viola silvatica). Bei Lathraea squamaria

[1]) Kerner, Pflanzenleben. 2. Aufl. II. Bd. p. 620.
[2]) Hildebrand, Die Gattung Cyclamen. Jena 1898. p. 142.
[3]) Hildebrand, Verbreitungsmittel der Pflanzen. Leipzig 1873 p. 92; Kerner, Pflanzenleben. 2. Aufl. II. Bd. p. 591.
[4]) Hildebrand, l. c. p. 39.
[5]) Hildebrand, l. c. p. 36

beruht »der Öffnungsmechanismus auf der gegen die Fruchtreife zu rasch fortschreitenden ausserordentlichen Vergrösserung der Placenten, bezüglich der diese aufbauenden, stark turgescierenden Zellen«[1]).

Bei einer Reihe von Pflanzen ist Anpassung an eine bestimmte Art der Samenverbreitung nicht zu bemerken (Allium ursinum, Scilla bifolia, Hacquetia Epipactis). Bei Lysimachia nemorum gelangen die Samen direkt auf den Boden. Hier ist die Ausbreitung mehr oder weniger von zufälligen Ereignissen abhängig, wozu besonders fortspülende Regengüsse gehören. Dr. Weberbauer fand nach mündlicher Mitteilung, dass bei der Gattung Lysimachia eine Neigung zum geringeren Aufspringen der Kapsel auffalle. Auch bei der in Betracht kommenden Art zeigte sich an den untersuchten Kapseln nur ein über den Scheitel derselben bis zu ihrer Äquatorialzone verlaufender regelmässiger Spalt. Wollte man diesen mit Gewalt erweitern, so entstand ein unregelmässiger Riss. Die Kapsel nähert sich aber auch darin einer Schliessfrucht, dass die Anzahl der Samen auf 5 bis 8 reduciert ist. Das Herausfallen derselben aus der Spalte wird erschwert durch ihre Grösse und ihre runzelige Oberfläche; sie werden jedenfalls nur frei durch ein Verwittern der Kapsel.

Auf dieser Beschränkung in der Verbreitung beruht eine bei den zuletzt genannten Pflanzen besonders in die Erscheinung tretende Eigentümlichkeit ihres Vorkommens innerhalb enger Grenzen. Man findet sie an manchen Stellen in grösster Individuenzahl, während auf den dazwischenliegenden Strecken kein einziges Exemplar auftritt.

Im allgemeinen ergiebt sich also der Satz, dass die Verbreitungsmittel der Buchenpflanzen nicht so sehr geeignet sind, eine Vergrösserung des Areals der Art zu bedingen, als vielmehr eine Ausstreuung innerhalb der Formation.

---

[1]) E. Heinricher, Biologische Studien an der Gattung Lathraea. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wissensch. 101. Bd. p. 451.

# Lebenslauf.

Als Sohn des Wagenbauers Robert Winkler bin ich, Hubert Winkler, am 13. Februar 1875 zu Prenzlau in der Uckermark geboren. Ich besuchte bis zu meinem elften Lebensjahre die katholische Volksschule, sodann das Gymnasium meines Heimatortes, das ich Ostern 1895 mit dem Zeugnis der Reife verliess. In Breslau studierte ich zunächst katholische Theologie und wandte mich dann den Naturwissenschaften, speciell der Botanik, zu. Während dieser Zeit nahm ich an den Vorlesungen und Übungen folgender Herren Docenten teil:

*Baeumker, Bobertag, Brefeld, Commer, Ebbinghaus, Filke, Freudenthal, Hintze, Koenig, Krawutzcky, Kükenthal, Ladenburg, Laemmer, London, O. E. Meyer, Müller, J. Partsch, Pax, Rosen, Schaefer, Scholz †, Schulte, Stern, Weberbauer.*

Ihnen allen sage ich meinen besten Dank.

Eine angenehme Pflicht ist es mir, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. *Pax* für das Interesse, welches er meinen naturwissenschaftlichen Studien entgegengebracht hat, und für seine reiche Unterstützung durch Rat und That meinen besonders herzlichen Dank auszusprechen; ebenso meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. *Baeumker*, jetzt in Bonn, für die reichen Anregungen, die ich in seinen philosophischen Vorlesungen und Übungen, sowie im persönlichen Verkehr erhalten habe.

Ferner sei es mir gestattet, Herrn Privatdocenten Dr. *Weberbauer* für die stets bereitwillig erteilten Ratschläge bei Anfertigung dieser Arbeit herzlichst zu danken.

# Thesen.

1. Die Vegetation der Moore trägt einen xerophilen Charakter.
2. Die Gattung Lathraea gehört zur Familie der Orobanchaceen.
3. Die als Natrolith, Mesolith und Skolecit bezeichneten Zeolithmischungen krystallisieren sämtlich nur monosymmetrisch.